

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA MAYARA ROLDÃO FERREIRA

RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE DESENVOLVIMENTO
DAS FOLHAS DE YACON (*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*) E OS NÍVEIS DE
COMPOSTOS FUNCIONAIS

CURITIBA 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA MAYARA ROLDÃO FERREIRA

RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE DESENVOLVIMENTO
DAS FOLHAS DE YACON (*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*) E OS NÍVEIS DE
COMPOSTOS FUNCIONAIS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Lucia Masson

CURITIBA 2013

F383r Ferreira, Bruna Mayara Roldão

Relação entre as características físicas de desenvolvimento das folhas de Yacon (*Smallanthus Sonchifolius*) e os níveis de compostos funcionais / Bruna Mayara Roldão Ferreira. – Curitiba, 2013.

76 f. : il., tab.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Maria Lucia Masson
Bibliografia: p. 68-76

À Deus.

Aos meus pais, Vanderlei e Ivone.

À Mariana, minha irmã e toda minha família. Aos companheiros de trabalho do PEIEX, aos meus verdadeiros amigos, em especial àquelas amizades lapidadas no decorrer do trabalho de mestrado.

Por todo o amor, paciência e dedicação, por quem sou e por tudo o que alcancei.

AGRADECIMENTOS

Ao Pai Celestial, pelo sopro da vida, inspiração, bênçãos e proteção e à toda equipe espiritual pelo companheirismo no aprendizado.

Aos meus pais, Vanderlei Ferreira e Ivone Roldão Ferreira pelo dom da vida e amor, à minha irmã Mariana pela paciência, incentivo, confiança e carinho.

À professora Dra. Maria Lúcia Masson, que acreditou em mim, pela orientação, apoio, incentivo e amizade durante a realização deste trabalho.

À todos os professores, amigos e colegas da pós-graduação que colaboraram com a construção contínua do conhecimento, em especial à pós-doutoranda e professora Luciana de Souza Neves Ellendersen e aos alunos de doutorado Eriel Forville De Andrade e Thiago Atsushi Takashina.

Aos amigos e colegas do PEIEX (Projeto Extensão Industrial Exportadora) de todo o Estado do Paraná, pelo apoio na continuidade do mestrado e busca do aperfeiçoamento profissional e pessoal.

À todos os colaboradores do PPGEA, que de alguma forma me auxiliaram. Aos colaboradores do CEPPA (Centro de Pesquisas e Processamento de Alimentos) e do LCAUT (Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos), coordenados pelos professores Drs. Maria Lucia Masson e Carlos Itsuo Yamamoto respectivamente. Agradeço pela atenção, paciência, contribuição e ajuda na realização das análises.

Aos demais amigos e colegas que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento deste trabalho. À Fundação Araucária que, indiretamente, contribuiu financeiramente para minha manutenção como pesquisadora nesta Universidade.

Minha profunda gratidão!

“Olhai para os lírios do campo,
como eles crescem; não trabalham nem fiam;
E eu vos digo que nem mesmo Salomão,
em toda a sua glória, se vestiu como qualquer um deles.
Pois, se Deus assim veste a erva do campo,
que hoje existe, e amanhã é lançada no forno,
não vos vestirá muito mais a vós,
homens de pouca fé?”

Mateus 6: 28-30

RESUMO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), raiz tuberosa originária da região Andina, apresenta-se em constante difusão pelo globo terrestre devido às suas propriedades antioxidantes, seu baixo valor calórico e a ação anti-diabética de suas folhas, sendo introduzido no Brasil há mais de vinte anos. Apesar da indicação de diversas propriedades benéficas à saúde muitas pesquisas ainda são necessárias para o aprofundamento dos conhecimentos a respeito desse vegetal que apresenta, entre outros compostos funcionais, as lactonas sesquiterpênicas. Com o intuito de avaliar a presença das lactonas sesquiterpênicas e correlacionar as características físicas de desenvolvimento das folhas do yacon com os seus níveis de compostos funcionais em diferentes condições climáticas e exposição aos raios solares este trabalho foi proposto. Foram mensuradas as áreas de 675 folhas presentes em 45 plantas através de excisão e medidos os parâmetros de cores $L^*a^*b^*$ (Sistema CIELAB) através de um colorímetro, sendo as coletas realizadas nos meses de Dezembro/2012 (Grupo 1), Janeiro/2013 (Grupo 2) e Fevereiro/2013 (Grupo 3). Para a determinação do conteúdo de fenóis totais foi utilizado o Reagente Folin-Ciocalteu, com os resultados expressos em concentração de ácido gálico e comparados três procedimentos de extração (Soxhlet, Decocção e Infusão) onde, apesar de não indicada para consumo humano, a extração por Soxhlet apresentou-se mais eficiente seguida da Decocção e Infusão. Nas folhas extraídas por Decocção os maiores valores médios para a concentração do teor de fenóis totais foram encontrados nas folhas com menor exposição aos raios solares do mês de Dezembro/2012 ($24,65 \pm 1,13$ mg/L de ácido gálico) e nas folhas com maior exposição aos raios solares dos meses de Janeiro e Fevereiro/2013, com $23,61 \pm 0,20$ mg/L e $23,50 \pm 1,11$ mg/L de ácido gálico respectivamente. As análises da presença das lactonas sesquiterpênicas foram realizadas através de extratos das folhas do yacon obtidos com acetato de etila, elaboração de pastilhas com KBr e leitura em espectrofotômetro por infravermelho (FT-IR). Foram identificados três picos de transmitância a aproximadamente 1770 cm^{-1} , 1740 cm^{-1} e 1715 cm^{-1} , indicando a presença de lactonas sesquiterpênicas em todos os estágios de desenvolvimento da planta e posições caulinares analisados.

Palavras-chave: yacon, características físicas, compostos funcionais, lactonas sesquiterpênicas, correlações

ABSTRACT

The yacon (*Smallanthus sonchifolius*), tuberous root originated from the Andean region, is in a constant diffusion thru the globe, especially because its antioxidant properties, low caloric value and the anti-diabetic action of the leaves, and entered Brazil over twenty years ago. Despite the indication of several beneficial health properties, more researches are still needed for a deeper knowledge about this plant, which presents among other functional compounds the sesquiterpene lactones. In order to evaluate sesquiterpene lactones presence and correlate yacon leaves development physical properties to their functional compounds levels in different weather conditions and sunlight exposure this work was proposed. The area of 675 leaves of 45 plants were measured by excision and the color parameters $L^*a^*b^*$ (CIELAB System) were measured using a colorimeter, which samples were collected in December/2012 (Group 1), January/2013 (Group 2) and February/2013 (Group 3). To determine the total of phenols content was used the Folin-Ciocalteu reagent, with results expressed as gallic acid concentration and compared three extraction procedures (Soxhlet, Decoction and Infusion) which, although not suitable for human consumption, the Soxhlet extraction showed to be the most efficient followed by the Decoction and the Infusion. On the leaves extracted by Decoction the higher mean values for total phenols concentration were found in the lower sunlight exposure leaves collected in December/2012 (24.65 ± 1.13 mg/L of gallic acid) and in the greater sunlight exposure leaves collected in January and February/2013 with 23.61 ± 0.20 mg/L and 23.50 ± 1.11 mg/L of gallic acid respectively. The sesquiterpene lactones presence analyses were performed on the extract of the yacon leaves obtained with the ethyl acetate, KBr pellets elaboration and an infrared spectrophotometer (FT-IR) reading. Three peaks of transmittance were identified at approximately 1770 cm^{-1} , 1740 cm^{-1} and 1715 cm^{-1} , indicating this lactones presences in all development stages of the plants and leaves positions analyzed.

Key-Words: yacon, physical properties, functional compounds, sesquiterpene lactones, correlations

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA FOLHA DO YACON.....	18
FIGURA 2 – (A) ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES E (B) ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES COM GRUPO CARBONILA NO C-4.....	20
FIGURA 3 – ESTRUTURA DOS ÁCIDOS CAFEICO (A), CLOROGÊNICO (B) E FELÚRICO (C).....	21
FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS LACTONAS SESQUITERPÊNICAS: (A) GERMACRANOLIDOS, (B) EUDESMANOLIDOS, (C) PSEUDOGUAIANOLIDOS E (D) GUAIANOLIDOS.....	23
FIGURA 5 – LACTONAS SESQUITERPÊNICAS DO TIPO MELAMPÓLIDAS ENCONTRADAS NAS FOLHAS DO YACON: (A) SONCHIFOLIN, (B) POLYMATIN B, (C) UVEDALINA E (D) ENIDRINA.....	24
FIGURA 6 - DIAGRAMA DA ESCALA DE CORES HUNTER L, a, b.....	27
FIGURA 7 – (A) E (B) POSICIONAMENTO DAS PLANTAS DE YACON UTILIZADAS PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES.....	29
FIGURA 8 – POSICIONAMENTO DOS GRUPOS DE FOLHAS NAS PLANTAS ANALISADAS.....	30
FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DA COR DAS FOLHAS DE YACON ATRAVÉS DO COLORÍMETRO MINISCAN XE PLUS.....	31
FIGURA 10 – FLUXO DO AR EM UM SECADOR CONVECTIVO.....	32
FIGURA 11 - ESTUFA DE DESIDRATAÇÃO CONVECTIVA DO LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DA UFPR: (A) IMAGEM EXTERNA E (B) IMAGEM INTERNA.....	33
FIGURA 12 – ASPECTOS DAS FOLHAS DE YACON DEPOIS DE DESIDRATADAS E TRITURADAS (A) E (B).....	33
FIGURA 13 – SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR DECOCÇÃO SOB REFLUXO CONSTANTE.....	35
FIGURAS 14 – (A) PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO POR INFUSÃO E (B) FILTRAGEM DAS AMOSTRAS.....	36
FIGURA 15 – ASPECTO FINAL DO COMPOSTO EXTRAÍDO COM ACETATO DE ETILA UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES (A) E (B).....	38

FIGURA 16 – ASPECTO DAS PASTILHAS ELABORADAS COM AS AMOSTRAS (1 – 3 mg) E O SAL KBr (150 mg) DAS FOLHAS ANALISADAS EM DEZEMBRO/2012 (A), JANEIRO/2013 (B) E FEVEREIRO/2013 (C).....	39
FIGURA 17 - PROCEDIMENTOS REALIZADOS NO ESPECTROFOTÔMETRO POR INFRAVERMELHO PARA LEITURA DAS PASTILHAS (A) E (B).....	40
FIGURA 18 – ESPECTRO DA AMOSTRA DE ENIDRINA ISOLADA E PURIFICADA.....	56
FIGURA 19 – ESPECTRO DAS NOVE AMOSTRAS DOS EXTRATOS DE ENIDRINA OBTIDOS POR ACETATO DE ETILA.....	58
FIGURA 20 – ESPECTRO APROXIMADO DAS NOVE AMOSTRAS DOS EXTRATOS DE ENIDRINA OBTIDOS POR ACETATO DE ETILA.....	58

LISTA DAS TABELAS

TABELA 1 – PERÍODO DAS COLETAS, QUANTIDADE DE PLANTAS ANALISADAS E FOLHAS COLETADAS.....	28
TABELA 2 – DADOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA, TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA MÉDIAS, TEMPERATURA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA DA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS ENTRE SETEMBRO DE 2012 E FEVEREIRO DE 2013.....	42
TABELA 3 - DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA, TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA, TEMPERATURA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA DA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS NAS DATAS DAS COLETAS E SEUS DIAS ANTECESSORES.....	42
TABELA 4 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES ANALISADOS EM RELAÇÃO A ALTURA DAS PLANTAS.....	43
TABELA 5 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE FOLHAS.....	44
TABELA 6 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO A ÁREA MÉDIA.....	45
TABELA 7 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO L^*	47
TABELA 8 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO a^*	48
TABELA 9 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO b^*	50
TABELA 10 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO A.....	51
TABELA 11 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO B.....	52
TABELA 12 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO C.....	54
TABELA 13 – VALORES APONTADOS NA LITERATURA PARA O TEOR DE FENÓIS TOTAIS EM DIFERENTES EXTRATOS DE FOLHAS DE YACON	55
TABELA 14 – ANÁLISE COMPARATIVA DA IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS SIMILARES POR ESPECTROFOTOMETRIA POR DIFERENTES AUTORES.....	57

TABELA 15 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO A.....	60
TABELA 16 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO B.....	62
TABELA 17 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO C.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 O YACON	17
3.1.1 Folhas	17
3.1.2 Desenvolvimento da planta	19
3.2 FENÓIS	19
3.3 LACTONAS	22
3.4 ÁREA FOLIAR	25
3.5 COLORIMETRIA	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 MATERIAL	28
4.2 DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR	30
4.3 DETERMINAÇÃO DA COR	31
4.4 PROCEDIMENTOS DE SECAGEM	32
4.5 ANÁLISES QUÍMICAS	34
4.5.1 Teor de Fenóis Totais	34
4.5.2 Extratos de Enidrina	37
4.5.3 Leituras no Espectrofotômetro por Infravermelho	40
4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1 PARÂMETROS FÍSICOS	43
5.1.1 Altura das Plantas	43
5.1.2 Número de Folhas	44
5.1.3 Área Foliar	45
5.1.4 Parâmetro L*	46
5.1.5 Parâmetro a*	48
5.1.6 Parâmetro b*	49
5.2 ANÁLISES QUÍMICAS	51

5.2.1 Teor De Fenóis Totais	51
5.2.2 Presença de Lactonas	55
5.3 CORRELAÇÕES	59
6. CONCLUSÕES	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1. INTRODUÇÃO

O yacon pertence à família Asteraceae, uma família que engloba plantas como a bardana (*Arctium lappa*) e o crisântemo (*Crysanthemum coronarium*), que contêm quantidades consideráveis de compostos fenólicos apresentando atividade antioxidante (MARUTA et al., 1995; CHUDA et al., 1998).

Atualmente ele já é cultivado em muitos países fora dos Andes, de onde é originário, como o Paraguai, Estados Unidos, Eslováquia, China, Coreia e Taiwan (LANCHMAN et al., 2004). Sua rota migratória iniciou-se na década de 80, quando o yacon saiu pela primeira vez do Equador até a Nova Zelândia, onde se adaptou bem apesar de hoje ser cultivado em pequena escala (MANRIQUE, 2004).

Em 1985, foi levado da Nova Zelândia ao Japão, país onde são realizadas as maiores quantidades de investigações científicas referentes ao seu manejo agrônomo, composição química, propriedades sobre a saúde e desenvolvimento de produtos processados (LANCHMAN et al., 2004). O Japão foi o centro da dispersão da raiz até outros países como Coreia e Brasil (SEMINARIO, 2003). No Brasil o yacon foi introduzido pelos japoneses no início dos anos 90 na região de Capão Bonito, Estado de São Paulo, onde as raízes frescas ou desidratadas eram utilizadas para o tratamento contra hipercolesterolemia e diabetes (CAPITO, 2001; MOSCATTO et al., 2004).

Durante as últimas décadas, o consumo de chá de folhas de yacon se espalhou para vários países da Ásia e da Europa por sua potencial ação anti-diabética (AYBAR et al., 2001; VALENTOVÁ, 2003). Estudos relatam que o extrato aquoso de folhas do yacon possui um efeito hipoglicêmico em ratos diabéticos. Após o tratamento com yacon esses animais melhoraram não somente os seus níveis de glicemia e insulina, mas também os seus parâmetros renais (AYBAR et al., 2001; GENTA et al., 2010).

Segundo os resultados de um estudo desenvolvido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em relação às estimativas da prevalência da diabetes entre 2000 e 2030 apontados por Wild et al. (2004) em seu trabalho sobre a prevalência global da diabetes, no ano 2000 o Brasil ocupava o oitavo lugar entre os

dez países com maior número de casos (4,6 milhões) no mundo e em 2030 ocupará o sexto lugar, abrangendo 8,9 milhões de pessoas diagnosticadas com a doença.

Além dos benefícios hipoglicêmicos, a infusão de folhas de yacon também têm demonstrado possuir atividade antioxidante considerável (VALENTOVÁ, 2005). O reconhecimento dos efeitos promissórios para a saúde advindos do consumo do yacon aumentou seu interesse nos mercados das cidades, levando ao desenvolvimento de atividades comerciais em torno de seu cultivo (MANRIQUE; PÁRRAGA, 2005).

Dessa forma o estudo das características das folhas do yacon, em especial seus compostos funcionais, torna-se de suma importância para um alcance mais detalhado de informações que possam contribuir para o desenvolvimento de pesquisas com o intuito de difundi-las na alimentação humana e no possível tratamento alternativo e preventivo de doenças.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Relacionar as características físicas de desenvolvimento das folhas de yacon e os seus níveis de compostos funcionais em diferentes condições climáticas, de desenvolvimento e de exposição aos raios solares e avaliar a presença das lactonas sesquiterpênicas em todas as condições analisadas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicamente as folhas do yacon através da mensuração das suas áreas foliares médias, parâmetros de cor L^* , a^* e b^* e altura das plantas em três diferentes períodos de desenvolvimento;
- Caracterizar quimicamente as folhas do yacon através do teor de fenóis totais utilizando três diferentes procedimentos de extração (Soxhlet, Infusão e Decocção) e da detecção de lactonas sesquiterpênicas em todos os períodos e posições caulinares estudados;
- Correlacionar as características físicas e químicas das folhas do yacon;
- Sugerir em que fase de desenvolvimento e posição caulinar as folhas do yacon apresentam características químicas mais expressivas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O YACON

O nome yacon deriva da palavra “yaku”, da língua indígena Quéchua, que significa água, sendo conhecida na América do Sul por alguns nomes regionais como arboloco, aricoma, jicama, ilacon, entre outros. (ZARDINI, 1991 e HERMANN, 1997). Seu é o nome comumente utilizado para designar a planta e a sua raiz de reserva, representando espécie originária dos Andes, cujo cultivo e consumo datam dos tempos pré-incas (BUTLER, 2004).

O sistema subterrâneo do yacon é constituído por três partes: os rizomas ou rizóforos, as raízes fibrosas ou delgadas e as raízes reservantes ou tuberosas. Os rizóforos ou rizomas são ricos em fibras duras e não digeríveis e contêm gemas que dão origem a novas plantas. As raízes fibrosas são muito delgadas e sua função é a fixação da planta ao solo e a absorção de água e nutrientes e as raízes reservantes ou tuberosas são utilizadas para consumo humano (HERMANN, 1997).

3.1.1 Folhas

O yacon é uma planta perene e herbácea que mede de 1 a 2,5 metros de altura (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003). Suas folhas possuem dois sistemas de defesa: uma trama de pêlos que dificulta o acesso dos insetos e uma alta densidade de glândulas. A associação desses mecanismos faz com que as folhas do yacon sofram menos ataques por insetos, permitindo seu cultivo sem a utilização de agrotóxicos, gerando dessa forma, menor contaminação do produto (AYBAR et al., 2001).

Em seu trabalho sobre a identificação microscópica das folhas e caules do yacon para o controle de qualidade farmacognóstico, DUARTE et al. (2008)

apontaram que a folha do yacon é anfiestomática, com predominância de estômatos anomocíticos e que tricomas tectores e glandulares estão presentes, sendo os primeiros pluricelulares e unisseriados. Os tricomas glandulares foram identificados como curtos e pluricelulares, com duas séries de células. Seu mesofilo foi descrito como dorsiventral e a nervura central apresentando vários feixes vasculares colaterais em disposição cêntrica. O caule jovem da planta apresentou epiderme persistente, colênquima angular, parênquima cortical, endoderme e cilindros contínuos de floema e xilema. Dutos secretores foram encontrados na folha e no caule. E o conjunto dos caracteres observados, como a presença de tricomas tectores e glandulares, dutos secretores e endoderme com estrias de Caspary, foram apontados como sendo úteis para o controle de qualidade da espécie.



FIGURA 1 – ESTRUTURA DA FOLHA DO YACON
FONTE: O autor (2013)

Foram identificadas nas folhas do yacon diferentes características propulsoras de efeitos biológicos tais como antioxidante, antifúngico (INOUE et al., 1995), antilipoperoxidativo (VALENTOVÁ et al., 2005) e efeitos hipoglicêmicos (VALENTOVA et al., 2006). Estudos recentes demonstram que essas folhas são ricas em lactonas sesquiterpenas (SLs), flavonóides e compostos fenólicos relacionados aos ácidos clorogênicos (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVA et al., 2004; SCHORR, 2005; SCHORR et al., 2007; VALENTOVA et al., 2006; HONG et al., 2008; XIE et al., 2008 e XIANG et al., 2010; GENTA et al., 2010; BARCELLONA et al., 2012).

3.1.2 Desenvolvimento da planta

A maturidade fisiológica do yacon é alcançada entre 6 e 10 meses após o plantio, quando as flores começam a desabrochar, sendo que este fator depende da zona onde a planta é cultivada. Em altitudes mais baixas, a maturidade é adiantada. Este estágio será, então, seguido por um período de incremento do conteúdo dos oligofrutos nos rizóforos e nas raízes tuberosas, passando para uma fase de senescência da parte aérea e dormência das partes subterrâneas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989).

A colheita das raízes tuberosas para consumo é realizada por volta de 10 a 12 meses após o plantio, quando a parte aérea está totalmente seca (OLIVEIRA, 2004). E, apesar de sua origem andina, o yacon representa uma espécie com desenvolvimento extremamente adaptável quanto ao clima, altitude e aos tipos de solo, sendo cultivada com sucesso mesmo em países de clima quente como o Brasil.

3.2 FENÓIS

Os compostos fenólicos são considerados metabólitos secundários que podem ser encontrados em todas as plantas sendo sintetizados durante o seu desenvolvimento normal ou em resposta às condições de estresse, tais como: infecções provenientes de feridas, radiação UV, entre outros. Eles são um grupo bastante diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina (PRIDHAM, 1960; HARBORNE, 1982; HARBORNE; TURNER, 1984; NICHOLSON; HAMMERSCHMIDT, 1992; BECKMAN, 2000; SHAHIDI, 2000; SHAHIDI, 2002; SHAHIDI; NACZK, 2004).

As plantas e os alimentos contêm uma grande variedade de derivados fenólicos, incluindo fenóis simples, fenilpropanóides, derivados de ácido benzoico, flavonóides, estibenos, taninos, lignanas e ligninas. Juntamente com os ácidos carboxílicos de cadeia longa, os compostos fenólicos também são componentes da

suberina e da cutina. Estas substâncias bastante variadas são essenciais para o crescimento e reprodução das plantas e também atuam como agentes antipatógenos e inibidores do apetite (BUTLER, 1992; NACZK; SHAHIDI, 2004).

A contribuição dos fenóis para a pigmentação de alimentos vegetais também é bastante conhecida. Além disso, os compostos fenólicos podem ter funções como antibióticos, pesticidas naturais, sinalizadores naturais para a criação de simbiose com as bactérias do gênero *Rhizobium* (responsáveis pela conversão do nitrogênio presente na atmosfera em amônia), atrativos de agentes polinizadores, agentes de proteção contra a radiação ultravioleta (UV), material isolante para paredes celulares impermeáveis ao gás e à água além de função estrutural para a estabilidade das plantas (SHAHIDI, 2004).

A estrutura de um composto fenólico normalmente compreende um anel aromático, com uma ou mais hidroxilas substituintes, variando desde moléculas fenólicas simples até compostos altamente polimerizados. Em sua grande maioria esses compostos ocorrem complexados à carboidratos (mono e polissacarídeos), proteínas e outros componentes vegetais (ROBBINS, 2003). Dessa forma existe uma grande variedade de compostos fenólicos na natureza sendo os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos encontrados em maior concentração na dieta alimentar (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

A estrutura dos flavonóides é baseada no núcleo que consiste de dois anéis fenólicos A e B e um anel C (FIGURA 2), que pode ser um pirano heterocíclico, como no caso dos flavanóis (catequinas) e das antocianidinas, ou uma pirona, como nos flavonóis, flavonas, isoflavonas e flavanonas, que possuem um grupo carbonila na posição C-4 do anel C, compreendendo as principais classes dos flavonóides (HUBER, 2008).

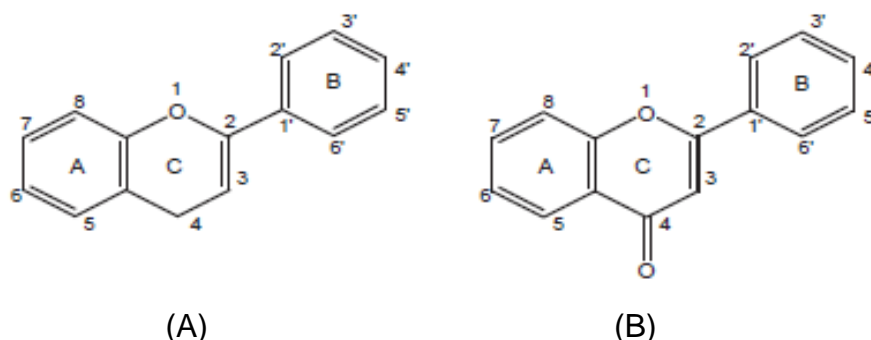


FIGURA 2 – (A) ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES E (B) ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES COM GRUPO CARBONILA NO C-4.
FONTE: HUBER; RODRIGUEZ-AMAYA (2008)

Simonovska et al. (2003), em seu trabalho de investigação de ácidos fenólicos em extratos secos das folhas e tubérculos do yacon (*Smallanthus sonchifolius*), revelaram a presença dos ácidos caféico, clorogênico e felúrico (FIGURA 3). Considerando-se que o ácido felúrico e um derivado não identificado do ácido clorogênico foram reportados pela primeira vez como constituintes das folhas e tubérculos do yacon.

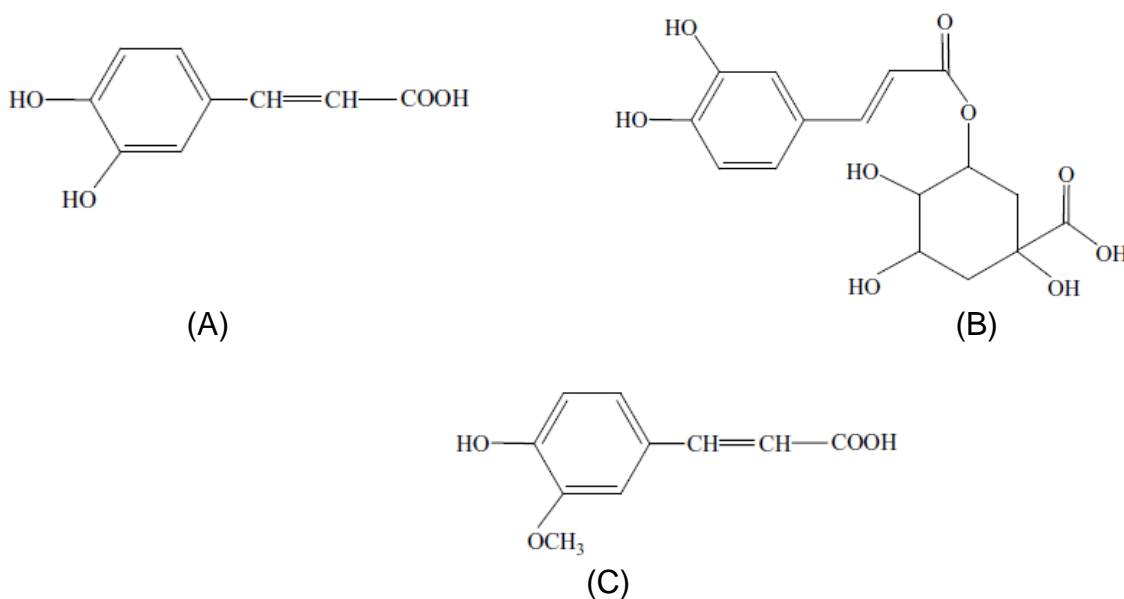


FIGURA 3 – ESTRUTURA DOS ÁCIDOS CAFEICO (A), CLOROGÊNICO (B) E FELÚRICO (C).

FONTE: SIMONOVSKA et al. (2003)

Também foram identificados no yacon compostos fenólicos como o ácido clorogênico e outros derivados do ácido cafeico por Valentová et al. (2005), em seu trabalho sobre a eliminação de radicais e atividade anti-lipoperoxidativa de extratos de folhas do yacon (*Smallanthus sonchifolius*), sendo eles apontados como os principais responsáveis pela atividade antioxidante da planta.

Foi desenvolvido um número significativo de métodos espectrofotométricos para a quantificação de compostos fenólicos. Os ensaios são baseados em diferentes princípios e normalmente são usados para determinar a presença de vários grupos estruturais. Um dos métodos mais utilizados para a determinação do conteúdo de fenóis totais em plantas é o ensaio de Folin-Ciocalteu (HOU et al., 2003; BONOLI et al., 2004; NACZK; SHAHIDI, 2004; VALKO et al., 2004; OMONI; ALUKO, 2005).

Esse reagente consiste na mistura dos ácidos fosfomolibdídico e fosfotunguístico, no qual o molibdênio e o tungstênio encontram-se no estado de oxidação 6^+ porém, em presença de certos agentes redutores, como os compostos fenólicos, formam-se os chamados molibdênio azul e tungstênio azul, nos quais a média do estado de oxidação dos metais está entre 5 e 6 e cuja coloração permite a determinação da concentração das substâncias redutoras, que não necessariamente precisam ter natureza fenólica. (BRAND-WILLIAMS et al., 1995; NACZK; SHAHIDI, 2004).

3.3 LACTONAS

As lactonas sesquiterpênicas são compostos terpenóides constituintes de químicos vegetais de alta diversidade e atividades biológicas encontradas principalmente na família Asteraceae (Compositae) (GLORIA, 2004; SCHMIDT, *apud* RAHMAN, 2006). Esses compostos são biossintetizados pela condensação de três grupos de cinco carbonos (unidades de isopreno) e subsequente ciclização e transformação oxidativa para a produção de uma lactona cis ou trans-fundida.

Já foram identificadas cerca de 5000 estruturas de lactonas sesquiterpênicas que são classificadas com base no seu esqueleto carbocíclico como os germacranolidos (anel de 10 membros), os eudesmanolidos (compostos bicíclicos 6/6), os guaianolidos e pseudoguaianolidos (compostos bicíclicos 5/7), FIGURA 4, sendo os germacranolidos considerados o maior grupo do qual há indícios que todos os demais derivam (GLORIA, 2004; SCHMIDT, *apud* RAHMAN, 2006).

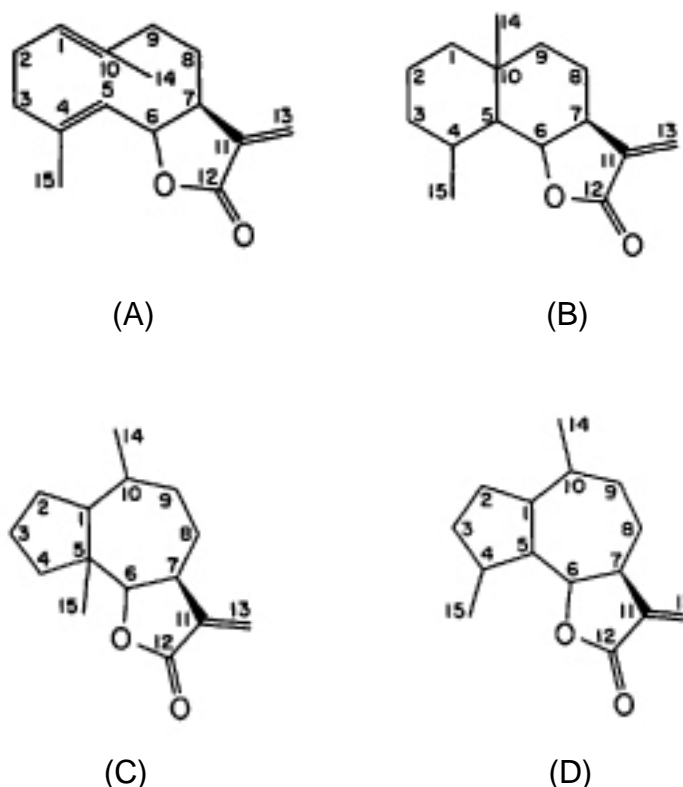


FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DAS LACTONAS SESQUITERPÊNICAS: (A) GERMACRANOLIDOS, (B) EUDESMANOLIDOS, (C) PSEUDOGUAIANOLIDOS E (D) GUAIANOLIDOS.

FONTE: PICMAN, 1986, *apud* GLÓRIA, 2004.

Dependendo da configuração das ligações duplas do anel de 10 membros dos germacranolidos eles podem ser divididos em quatro grupos, os quais todos encontram-se como produtos naturais. (RODGERS et al., 1972; FISCHER, 1991, *apud* GLORIA, 2004). Os germacranolidos são constituídos de ligações do tipo trans-trans; Os heliangolidos de ligações do tipo I(10)-trans, 4-cis; Os melampólidos de ligações I(10)-cis, 4-trans e os cis, cis-germacranolidos de ligações I(10)-cis, 4-cis (GLORIA, 2004).

De um modo geral as lactonas sesquiterpênicas desempenham um importante papel na defesa das plantas como agentes antibacterianos, antifúngicos e inseticidas (MATEJIC; SARAC; RANDELOVIC, 2010). Além de notáveis atividades biológicas atuando como agentes antitumorais, anti-inflamatórios, analgésicos, antibacterianos, antifúngicos, antiparasitários e cardiotônicos (PICMAN, 1986; ROBLES et al., 1995; CHATURVEDI *apud* TIWARI; MISHRA, 2011).

Existem indícios que essas atividades biológicas das lactonas sesquiterpênicas são atribuídas em sua maior parte à presença de um grupo α,β -

carbonil insaturado capaz de alquilar macromoléculas biologicamente funcionais (SCHMIDT et al., 2002).

Vários estudos relacionados à composição fitoquímica das folhas do yacon revelaram a presença de diversos tipos de lactonas sesquiterpênicas do tipo melampólidas como a sonchifolin, a polymatin B, a uvedalina e a enidrina (INOUE et al., 1995; LIN, F.; HASEGAWA, M.; KODAMA, O., 2003; SCHORR, K.; MERFORD, I.; DA COSTA, F. B., 2005; HONG, S. S. et al., 2008) conforme pode-se observar na FIGURA 5.

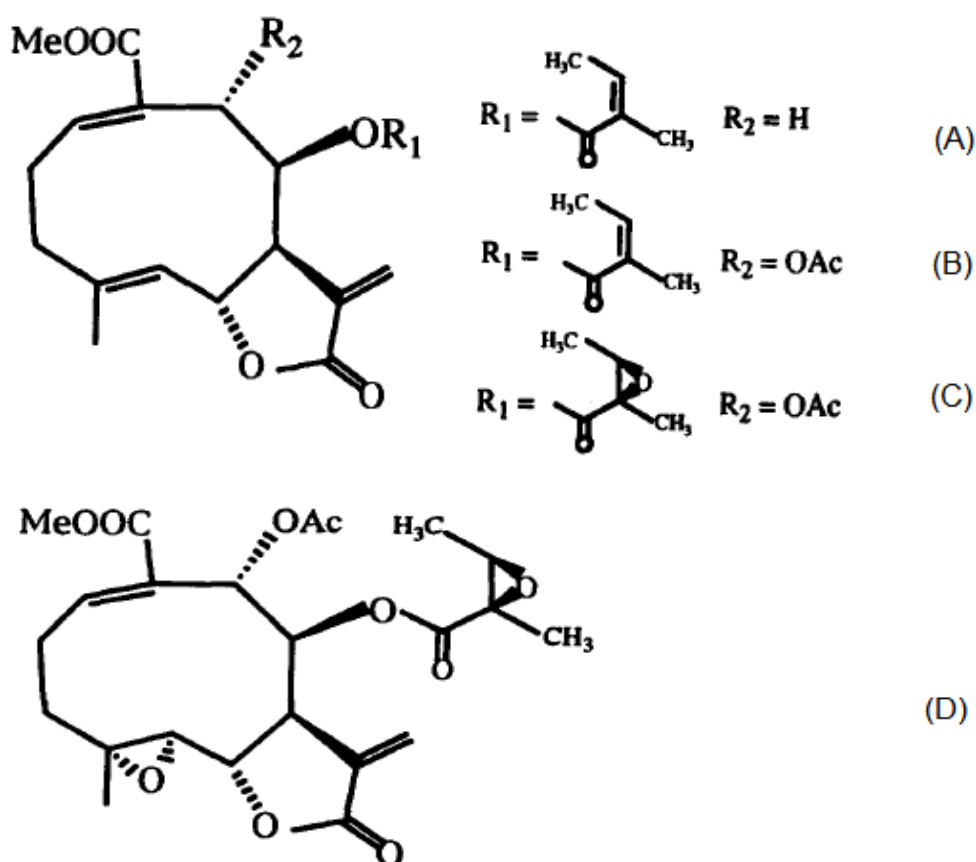


FIGURA 5 – LACTONAS SESQUITERPÊNICAS DO TIPO MELAMPÓLIDAS ENCONTRADAS NAS FOLHAS DO YACON: (A) SONCHIFOLIN, (B) POLYMATIN B, (C) UVEDALINA E (D) ENIDRINA.

FONTE: INOUE et al., 1995.

Inoue et al. (1995) isolaram a enidrina das folhas do yacon, entre outras lactonas sesquiterpênicas do tipo melampólidas, apontando para essa substância indícios de função fungicida e antibactericidas, inibindo a ação do *Bacillus subtilis*. Funções também identificadas por Lin et al. (2003), que constataram a enidrina como a lactona sesquiterpênica presente em maior concentração (2,5 mg/g FW) nas folhas do yacon quando comparada à presença de outras lactonas.

Genta et al. (2010), em seu trabalho sobre a atividade hipoglicêmica dos extratos orgânicos das folhas do yacon, afirmaram também que a enidrina é a lactona sesquiterpênica presente em maior concentração assim como apontaram indícios de sua eficácia na redução dos níveis de glicose no sangue, tornando-se útil no tratamento de animais diabéticos (dose mínima: 0,8 mg/ Kg de massa corporal).

Recentemente, em sua pesquisa sobre a avaliação de segurança do extrato aquoso da folha do yacon e sua principal lactona ativa, a enidrina, Barcellona et al. (2012) demonstraram que a utilização de soluções aquosas do extrato da folha do yacon por decoção na concentração de 10% é segura para ratos apontando também ainda o efeito hipoglicêmico da enidrina nessas soluções.

3.4 ÁREA FOLIAR

A área foliar é considerada uma variável muito importante para a maioria dos estudos fisiológicos e agrônômicos das plantas, envolvendo fatores como o seu crescimento, sua interceptação luminosa, sua eficiência fotossintética, sua evapotranspiração e ainda como resposta à utilização de fertilizantes e irrigação (BLANCO; FOLEGATTI, 2005). Mensurações precisas da área foliar são essenciais para entender a interação entre o crescimento da planta analisada e o ambiente em que se encontra inserida (de JESUS et al., 2001).

Muitos métodos para a mensuração da área foliar foram desenvolvidos (THODAY, 1909). Marshall (1968) propôs uma classificação considerando dois grupos de métodos sendo o primeiro composto pelos métodos destrutivos e não destrutivos e o segundo pelos métodos direto, indireto, por estimativa, por comparação e por análise de imagens.

Aprimorando os conceitos propostos até então Norman e Campbell (1989) indicaram que normalmente a área foliar é determinada por métodos diretos, que consistem na remoção e mensuração de todas as folhas da planta. Este método é destrutivo e requer equipamentos adequados. Já os métodos indiretos, conhecidos como não destrutivos, são mais fáceis de serem utilizados por seus custos menores e por apresentarem estimativas mais precisas da mensuração da área foliar.

Métodos indiretos são úteis quando não existem equipamentos disponíveis ou quando medições não destrutivas são necessárias, tais como condições de campo ou experimentos controlados de baixa densidade (BLANCO; FOLEGATTI, 2005).

Em seu trabalho sobre a medição da área foliar do pequizeiro Oliveira et al. (2002) salientaram que os métodos diretos são precisos e que seus resultados são expressos mais rapidamente através de equipamentos portáteis. Informação também divulgada recentemente por Malagi et al. (2011) em seu trabalho sobre a determinação da área foliar da videira através de método não destrutivo, onde relataram a simplicidade e precisão dos resultados obtidos por esse método.

3.5 COLORIMETRIA

No desenvolvimento de pesquisas na engenharia de alimentos, muitas vezes é necessário a cor da superfície das amostras, tanto de forma qualitativa quanto quantitativa. As análises qualitativas podem envolver inspeção visual e a comparação de amostras de alimentos entre si e as análises quantitativas podem envolver a obtenção da distribuição de cores ou suas médias (YAM; PAPADAKIS, 2004).

Podemos considerar a visualização humana uma prática bastante robusta e subjetiva pois existe uma grande variação de parâmetros de acordo com cada observador. Com o propósito de proceder uma análise de cor mais objetiva alguns padrões de cores são frequentemente utilizados como material de referência, porém sua utilização implica em um controle mais lento e requer treinamento especializado dos observadores. Por isso, a utilização de instrumentos de medição de cor torna-se necessária (LÉON, 2006).

O modelo $L^*a^*b^*$ é um padrão internacional para medição de cores, também conhecido como Sistema CIELAB, desenvolvido em 1976 pela *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE). Esse sistema consiste em um componente de luminosidade (valor de L^* variando de 0 a 100), juntamente com outros dois componentes cromáticos (variando de -120 a 120). O componente a^* representa para valores positivos a cor vermelha e negativos a cor verde e o componente b^* valores positivos a cor amarela e negativos a cor azul. Esses valores normalmente são utilizados em pesquisas que envolvem alimentos (YAM; PAPADAKIS, 2004; LÉON, 2006; MENDONZA; DEJMEK; AGUILERA, 2006). Pode-se observar um diagrama da escala de cores Hunter L^* , a^* , b^* apresentado pelo *Hunter Associates Laboratory*, (2008).

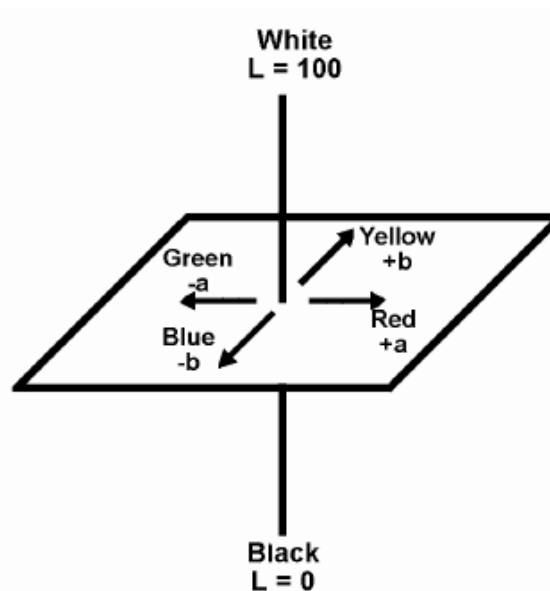


FIGURA 6 - DIAGRAMA DA ESCALA DE CORES HUNTER L^* , a^* , b^*
 FONTE: *Hunter Associates Laboratory* (2008)

Apesar do modelo L^*,a^*,b^* abranger o maior número de cores, outros sistemas também são utilizados na realização de pesquisas de alimentos como os modelos RGB (vermelho, verde e azul) e CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto) o que observou-se no trabalho de Yam e Papadakis (2004) sobre um método simples de imagem digital para analisar a cor da superfície de alimentos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

As folhas do yacon foram adquiridas diretamente com o agricultor, situado na Colônia Murici em São José dos Pinhais, Paraná, localizada a 906 m de altitude com as seguintes coordenadas geográficas: 25°37'14" latitude, 49°07'40" W. Todas as folhas são da mesma variedade: *Smallanthus sonchifolia*.

As coletas foram realizadas em três períodos diferentes, sendo eles: primeira semana de dezembro, primeira semana de janeiro e primeira semana de fevereiro. Em cada período foram excisadas todas as folhas de 15 plantas para análise, conforme informações da TABELA 1.

TABELA 1 – PERÍODO DAS COLETAS, QUANTIDADE DE PLANTAS ANALISADAS E FOLHAS COLETADAS

Período	Quantidade de Plantas	Quantidade de Folhas
Dezembro/2012	15	185
Janeiro/2013	15	249
Fevereiro/2013	15	241

FONTE: O autor (2013)

A área total de plantio do terreno é de 100 m² ou 0,01 ha, sendo plantadas quatro mudas por m² somando um total de 400 mudas do yacon plantadas por período que, nessa ocasião, foi a partir de outubro de 2012. As mudas são plantadas em três fileiras de aproximadamente 30 m de comprimento cada, dessa forma as coletas foram realizadas aleatoriamente com uma distância aproximada de 2 metros entre uma planta de outra. Podemos observar o posicionamento do plantio das mudas do yacon na FIGURA 7.

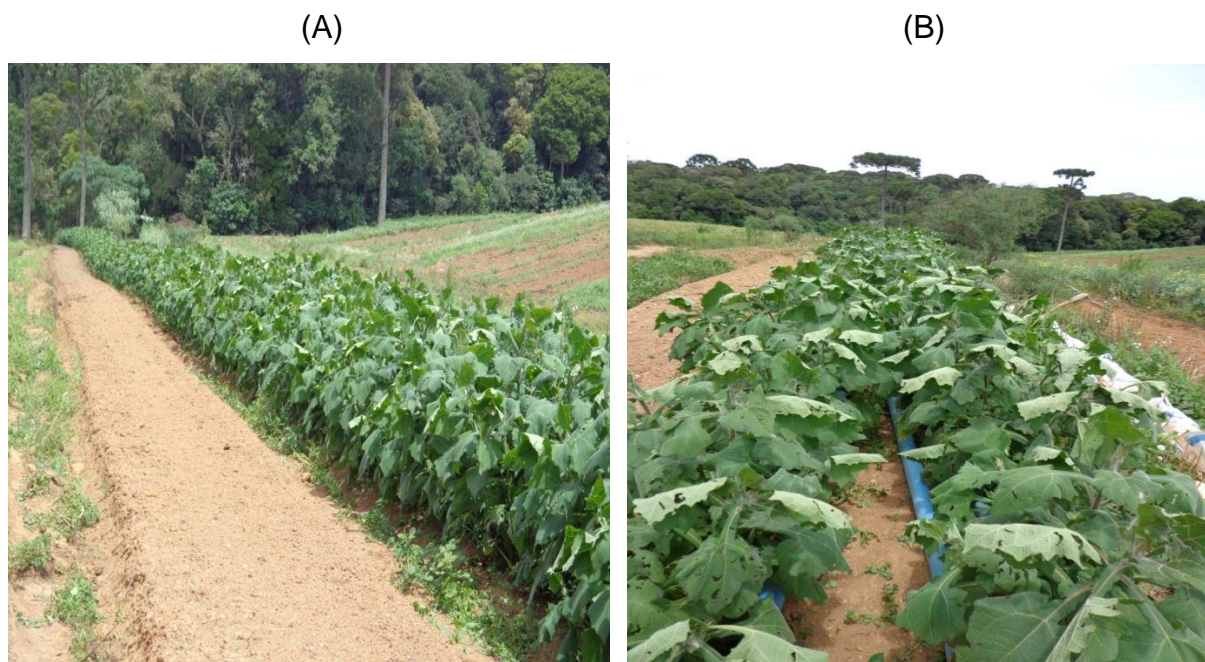


FIGURA 7 – (A) E (B) POSICIONAMENTO DAS PLANTAS DO YACON UTILIZADAS PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES
FONTE: O autor (2012)

Cada planta foi dividida em três partes: superior, média e inferior. Dessa forma as análises também contemplaram o posicionamento das folhas em relação à maior ou menor proximidade aos raios solares. As folhas localizadas no terço superior da planta foram designadas como pertencentes ao conjunto de folhas do Grupo A, as folhas do terço médio da planta como Grupo B e as folhas do terço inferior como Grupo C, conforme representação na FIGURA 8.

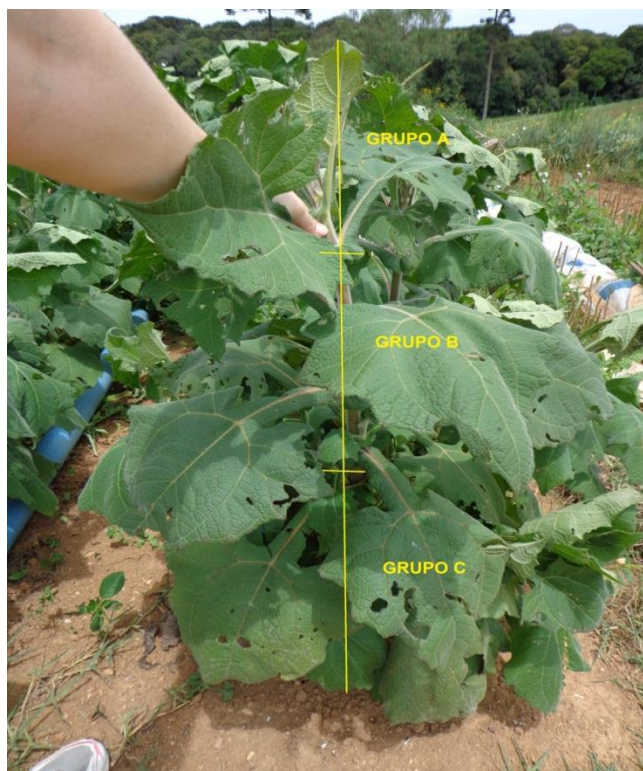


FIGURA 8 – POSICIONAMENTO DOS GRUPOS DE FOLHAS NAS PLANTAS ANALISADAS

FONTE: O autor (2012)

4.2 DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR

Para a determinação da área foliar das plantas do yacon os procedimentos adotados iniciaram-se pela digitalização das imagens através de *scanner* convencional em preto e branco, que posteriormente foram abertas através do Programa Image J.

Esse programa, segundo a Biophotonics International (2004), ocupa uma posição única no mercado por ser inserido no domínio público, ou seja, seu código-fonte estar disponível abertamente com uso livre de licenças, além da possibilidade de execução em qualquer sistema operacional. Apresentando ainda um fácil manuseio e a realização de um conjunto completo de manipulações de imagens.

Então, o Image J foi alimentado com informações referentes à escala em que as áreas foliares foram calculadas (mm^2) e, depois de definida a unidade de medida, as imagens que apresentavam falhas como, por exemplo, pequenos

orifícios, foram corrigidas. Dessa forma, foram calculadas todas as áreas das folhas do yacon e salvas automaticamente em uma tabela do Programa Excel, opção oferecida pelo próprio Programa Image J.

4.3 DETERMINAÇÃO DA COR

Para a determinação das cores das folhas do yacon foi utilizado um colorímetro MiniScan XE Plus HUNTERLAB programado para apresentar os valores dos parâmetros de cor através do Sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*), onde L^* representa um componente de luminosidade com valores que variam de 0 a 100; a^* representa para valores positivos a cor vermelha e negativos a cor verde e b^* representa para valores positivos a cor amarela e negativos a cor azul, sendo a variação numérica dos dois últimos componentes cromáticos de -120 a 120.

Através do equipamento, também conhecido como espectrofotômetro de mão, foram realizadas as leituras de cor de todas as folhas excisadas do yacon em seus diferentes períodos de coleta o mais próximo possível à nervura central de cada folha, horas após cada colheita (FIGURA 9).



FIGURA 9 – DETERMINAÇÃO DA COR DAS FOLHAS DE YACON ATRAVÉS DO COLORÍMETRO MINISCAN XE PLUS
FONTE: O autor (2013)

4.4 PROCEDIMENTOS DE SECAGEM

O processo de secagem pelo qual passaram as folhas do yacon foi realizado em uma estufa de desidratação convectiva com corrente de ar alternada modelo SOC. FABBE LTDA, localizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná. O fluxo de ar do equipamento apresenta-se de maneira horizontal com vazão média de $18\text{m}^3.\text{h}^{-1}$, sendo seu sistema de circulação e recirculação do ar realizado através de um exaustor (FIGURA 10).

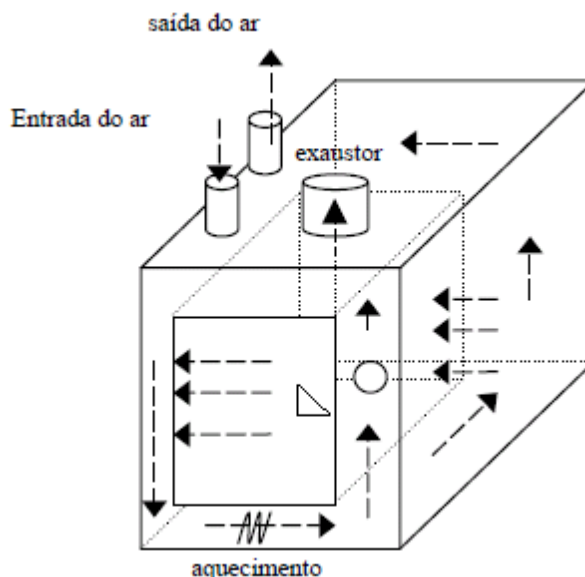


FIGURA 10 – FLUXO DO AR EM UM SECADOR CONVECTIVO
FONTE: MOURA, 2004

As folhas do yacon foram desidratadas na temperatura de 40°C por 24 horas (MARTINS et al., 1994; GENTA et al., 2010; BARCELLONA et al., 2012), o que pode ser observado na FIGURA 11.



FIGURA 11 – ESTUFA DE DESIDRATAÇÃO CONVECTIVA DO LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DA UFPR: (A) IMAGEM EXTERNA E (B) IMAGEM INTERNA

FONTE: O Autor (2013)

Após o procedimento de desidratação as folhas foram trituradas em triturador de quatro lâminas e então armazenadas a 10°C para a realização das análises posteriores. Podemos observar na FIGURA 12 aspecto da matéria-prima depois dos procedimentos de desidratação e trituração.



FIGURA 12 – ASPECTOS DAS FOLHAS DE YACON DEPOIS DE DESIDRATADAS E TRITURADAS (A) E (B)

FONTE: O Autor (2013)

4.5 ANÁLISES QUÍMICAS

4.5.1 Teor de Fenóis Totais

Para a análise do teor de fenóis totais das folhas desidratadas do yacon foram realizados três diferentes procedimentos de extração: Soxhlet; Infusão e Decocção (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ et al., 2004; VALENTOVÁ et al., 2005; VALENTOVÁ et al., 2006). Foram utilizados 2 gramas da folha desidratada para a realização das extrações por infusão e decocção e 0,5 gramas para as extrações por Soxhlet com todas as análises realizadas em triplicata. O valor reduzido da quantidade de folhas desidratadas na realização das extrações por Soxhlet foi devido às dimensões do equipamento e compensado posteriormente na realização dos cálculos do teor de fenóis totais dessas amostras.

4.5.1.1 Extração por Acetato de Etila – Soxhlet

Utilizou-se o extrator de Soxhlet com metanol (Dinâmica), 300 ml por 24 hrs, após a evaporação do metanol o extrato foi disperso em 100 ml de água destilada e a clorofila foi removida pela extração tripla com 50 ml de éter de petróleo (Sigma). A fase aquosa da solução restante foi acidificada com 10 ml de H_3PO_4 (Vetec) 0,01 M e extraída com acetato de etila (Carlo Erba) por cinco vezes (50 ml) (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ et al., 2004; VALENTOVÁ et al., 2005; VALENTOVÁ et al., 2006).

4.5.1.2 Extração por Decocção

A folha desidratada foi mantida em 100 ml de água destilada em ebulição sob refluxo constante durante 20 minutos conforme aparato apresentado na FIGURA 13 e em seguida a solução foi resfriada a temperatura ambiente e filtrada (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ et al., 2004; VALENTOVÁ et al., 2005; VALENTOVÁ et al., 2006).



FIGURA 13 – SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR DECOCÇÃO SOB REFLUXO CONSTANTE

Fonte: O autor (2013)

4.5.1.3 Extração por Infusão

Foram colocados sob as folhas desidratadas 100ml de água destilada em ebulição e deixou-se a solução em extração até o seu resfriamento à temperatura ambiente indicando a preparação de um chá comum (SIMONOVSKA et al., 2003; VALENTOVÁ et al., 2004; VALENTOVÁ et al., 2005; VALENTOVÁ et al., 2006). Podemos observar esse procedimento através das FIGURA 14.



FIGURAS 14 – (A) PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO POR INFUSÃO E (B) FILTRAGEM DAS AMOSTRAS

Fonte: O autor (2013)

4.5.1.4 Determinação do Teor de Fenóis Totais

Para a determinação do teor de fenóis totais foram observados os procedimentos executados por Simonovska et al. (2003); Valentová et al. (2004); Valentová et al. (2005) e Valentová et al. (2006) baseados no procedimento oficial desenvolvido por Singleton e Rossi (1965).

O reagente de *Folin-Ciocalteu* (Sigma) foi diluído 10 vezes e mantido a 4°C ao abrigo da luz, sendo colocado nos tubos de ensaio com uma solução de Na_2CO_3 (Vetec) a uma concentração de 75 g/L, nas quantidades de 2,5 ml e 2,0 ml respectivamente. Posteriormente adicionou-se 0,5 ml da amostra, tampou-se e agitou-se o tubo.

O mesmo foi colocado durante 5 minutos em banho-maria a 50°C e após o seu resfriamento foi realizada a leitura da absorbância através de um espectrofotômetro UV – 1600 da marca Pró-Análise a 760nm.

A curva de calibração para esse procedimento foi feita com soluções aquosas de ácido gálico (Sigma), com concentração de 8 a 80 mg/L, preparadas a partir de uma solução de 1g/L de ácido gálico.

4.5.2 Extratos de Enidrina

Para a preparação dos extratos foram realizados os procedimentos descritos por Genta et al. (2010) e Barcellona et al. (2012).

4.5.2.1 Preparação dos Extratos

As folhas secas (20 g) foram maceradas com metanol (3 x 235 ml) durante cinco dias de cada vez. Essa solução metanólica foi evaporada a pressão reduzida através de um rota-evaporador. Posteriormente esse extrato de metanol foi dissolvido em etanol (Dinâmica – 50 ml) a 60°C, diluído em água (35 ml) e a suspensão hidroalcoólica extraída com hexano (Merck - 3 x 35 ml).

Os extratos de hexano foram reunidos, lavados com salmoura, secos com Na₂SO₄ (Vetec), filtrados e o solvente foi evaporado a pressão reduzida também através de um rotaevaporador.

O restante da solução hidroalcoólica foi diluída em água (65 ml) e extraída três vezes com acetato de etila (125 ml, 20 e 20) e depois com n-butanol (Merck - 3 x 25 ml). Ambas as soluções foram evaporadas a pressão reduzida e armazenadas para a realização das análises. Podemos observar o aspecto final do composto extraído com acetato de etila utilizado para a realização das análises na FIGURA 15.

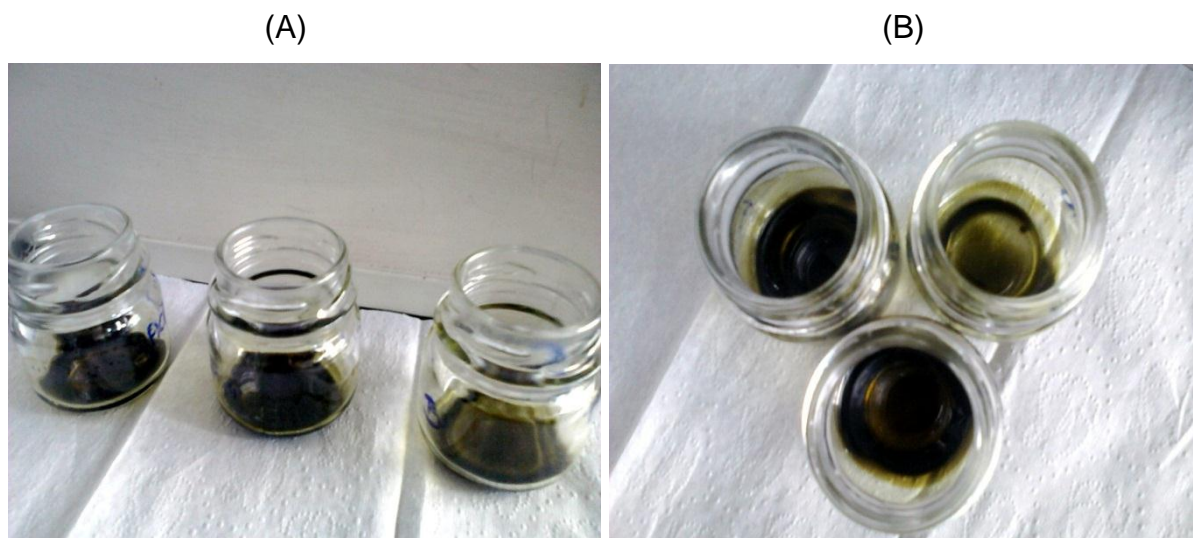


FIGURA 15 – ASPECTO FINAL DO COMPOSTO EXTRAÍDO COM ACETATO DE ETILA UTILIZADO PARA A REALIZAÇÃO DAS ANÁLISES (A) E (B)

Fonte: O autor (2013)

4.5.2.2 Preparação das Pastilhas

Para a leitura dos resultados no espectrofotômetro por infravermelho foram preparadas pastilhas com as amostras (1 - 3 mg) e o sal KBr (150 mg) em triplicata através de uma prensa hidráulica a 10 ton modelo CrushIR Digital da marca Pike Technologies conforme, localizada no Lacaut – Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos da UFPR.

As pastilhas elaboradas apresentaram aspecto translúcido, ideal para a realização das leituras pelo espectrofotômetro, como pode ser observado na FIGURA 16.

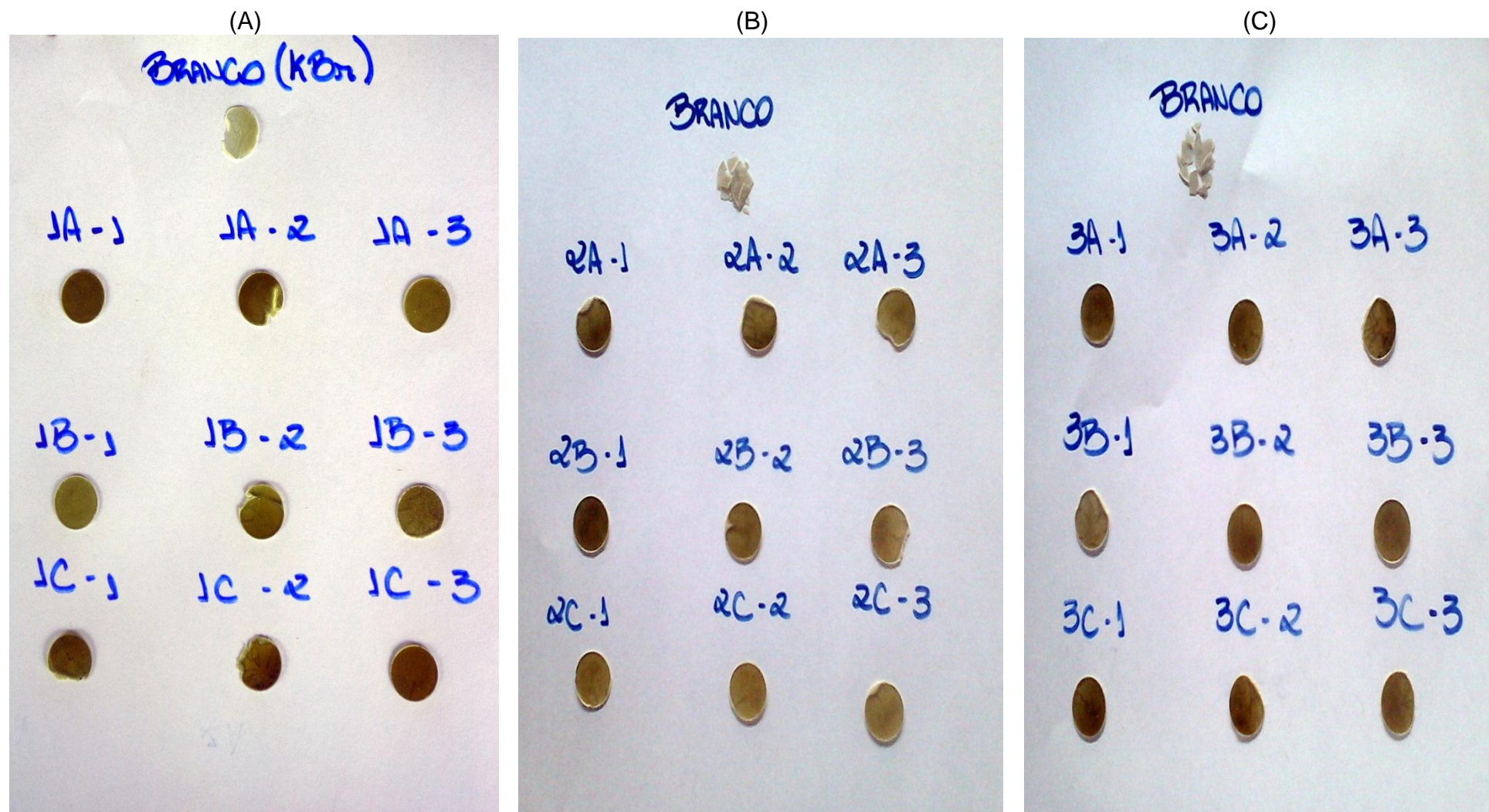


FIGURA 16 – ASPECTO DAS PASTILHAS ELABORADAS COM AS AMOSTRAS (1 – 3 mg) E O SAL KBr (150 mg) DAS FOLHAS ANALISADAS EM DEZEMBRO/2012 (A), JANEIRO/2013 (B) E FEVEREIRO/2013 (C)

Fonte: O Autor (2013)

4.5.3 Leituras no Espectrofotômetro por Infravermelho

As análises por espectroscopia no infravermelho foram realizadas em um espectrofotômetro FT-IR modelo Nicolet 6700 da marca Thermo Electron também localizado no Lacaut – Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos da UFPR, conforme podemos observar na FIGURA 17.

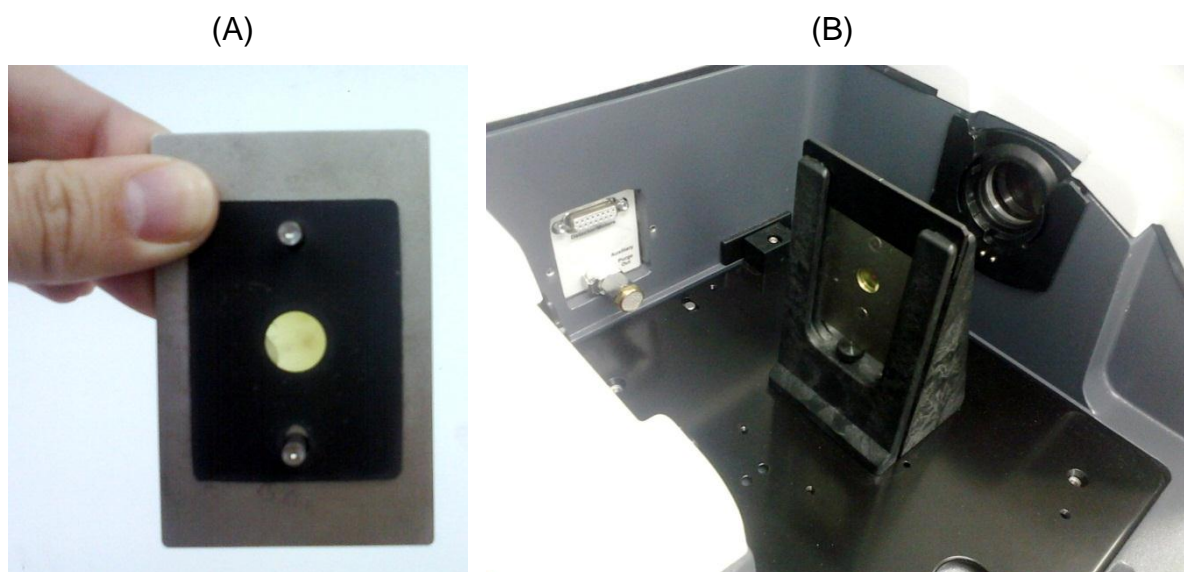


FIGURA 17 - PROCEDIMENTOS REALIZADOS NO ESPECTROFOTÔMETRO POR INFRAVERMELHO PARA LEITURA DAS PASTILHAS (A) E (B)

Fonte: O Autor (2013)

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das variáveis quantitativas foram expressos como média \pm desvio padrão. Para a comparação dos parâmetros físicos (altura das plantas, número de folhas, áreas foliares, parâmetros L^* , a^* e b^* - Sistema CIELAB) e do teor de compostos fenólicos nas folhas do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) colhidas nos três meses avaliados, a homogeneidade de variâncias foi verificada pelo teste de Brown-Forsythe e diferenças significativas entre os grupos foram testadas pela análise de variância para medidas repetidas (RM-ANOVA). Já para a comparação dos três grupos (A, B, C) no mesmo mês, a ANOVA unifatorial foi utilizada.

Quando diferenças estatisticamente significativas foram detectadas ($p < 0,05$), o teste de Fisher de diferença mínima significativa (LSD) foi utilizado. Quando os dados não se mostraram homoscedásticos, o teste de ANOVA-Welch seguido do teste-Z de comparação múltipla de Kruskal-Wallis foram aplicados no intuito de avaliar diferenças estatísticas entre as médias de cada grupo.

Correlações estatísticas baseadas no coeficiente de Pearson (dados paramétricos) ou coeficiente de Spearman (dados não paramétricos) foram calculadas para verificar a existência e intensidade de associação entre as variáveis de resposta. P-valores abaixo de 0,05 foram adotados para rejeitar a hipótese de nulidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico Statistica v.7 (Statsoft, Tulsa, Estados Unidos).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para uma análise mais minuciosa dos resultados pode-se observar nas TABELAS 2 e 3 informações fornecidas pelo SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) a respeito das condições climáticas na região de São José dos Pinhais-PR nos períodos das coletas assim como os períodos que as antecederam.

TABELA 2 - DADOS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA, TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA MÉDIAS, TEMPERATURA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA MÉDIA DA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS ENTRE SETEMBRO DE 2012 E FEVEREIRO DE 2013

	2012				2013	
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Precipitação Acumulada (mm)	60	162,4	53,2	248,6	71,4	189,6
Temperatura Mínima Média (°C)	11,6	14,5	14,9	18,1	16,2	17,5
Temperatura Máxima Média (°C)	24,3	25,9	24,8	28,8	25,2	26,7
Temperatura Média (°C)	16,8	19	18,9	22,3	19,8	21
Umidade Relativa Média (%)	75,9	78,7	79,7	81	81,9	83,6

FONTE: SIMEPAR (2013)

TABELA 3 - DADOS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA, TEMPERATURAS MÍNIMA E MÁXIMA, TEMPERATURA MÉDIA E UMIDADE RELATIVA DA REGIÃO DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS NOS PERÍODOS DAS COLETAS

Dados Diários					
	Temp. Máx	Temp. Mín	Temp. Méd	UR	Prec
12/12/12	31,9	17,1	24,2	72,8	1,4
13/12/12	29,5	19,5	24,2	69,8	0
10/01/13	23,8	15,3	19,8	71,7	0
11/01/13	23,1	12,9	17,5	70,2	0
01/02/13	31,7	19,2	25,1	70,7	0
02/02/13	30,1	18,4	23,9	77,3	28,8

FONTE: SIMEPAR (2013)

5.1 PARÂMETROS FÍSICOS

Os resultados dos parâmetros físicos selecionados para a caracterização das folhas do yacon foram a altura das plantas, áreas foliares, quantidade de folhas por grupo analisado e os parâmetros L^* , a^* e b^* - Sistema CIELAB.

5.1.1 Altura das Plantas

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses analisados para a altura das plantas na TABELA 4.

TABELA 4 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES ANALISADOS EM RELAÇÃO A ALTURA DAS PLANTAS

	Altura (cm)
	Grupos A, B e C
Dezembro - 2012	77,07 ± 5,02 ^c
Janeiro - 2013	141,73 ± 7,68 ^b
Fevereiro - 2013	171,80 ± 9,20 ^a

Nota: Letras minúsculas diferentes para meses diferentes representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$);

FONTE: O autor (2013)

Pode-se observar que a altura média das plantas variou consideravelmente de um mês para o outro sendo estatisticamente diferentes entre si ($p < 0,05$). De Dezembro/2012 para Janeiro/2013 o valor médio de crescimento entre as plantas foi de 64,66cm e de Janeiro/2013 para Fevereiro/2013 esse crescimento foi de 30,07cm, o que nos aponta um crescimento de 94,73 cm em três meses de análises.

Um dos fatores que podem ter contribuído para um maior crescimento entre os meses de Dezembro/2012 e Janeiro/2013 é o alto valor de precipitação acumulada no último mês de 2012 apontada pelo SIMEPAR com o valor de 248,6 mm. Segundo Seminário e Valderrama (2003) a altura de uma planta de yacon depois de atingido seu estágio de maturidade pode variar de 1 a 2,5 metros. Dessa forma, a altura média do último mês analisado nos indica que as plantas estavam

aproximando-se do seu período de florescência, quando atingem sua altura máxima propiciando a coleta das raízes para consumo.

5.1.2 Número de Folhas

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses e grupos de folhas analisados para o número de folhas de cada grupo na TABELA 5.

TABELA 5 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO NÚMERO DE FOLHAS

	Nº de folhas		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Dezembro - 2012	6,80 ± 1,01 ^{bA}	2,53 ± 0,92 ^{bB}	3,00 ± 0,93 ^{aB}
Janeiro - 2013	8,87 ± 1,46 ^{aA}	4,00 ± 1,07 ^{aB}	3,67 ± 1,11 ^{aB}
Fevereiro - 2013	9,07 ± 1,03 ^{aA}	4,00 ± 0,0 ^{aB}	2,93 ± 1,22 ^{aC}

Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para meses diferentes, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo mês, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

FONTE: O autor (2013)

Quando observa-se o número de folha dos Grupos A e B constata-se que ambos os grupos apresentaram esse número estatisticamente iguais ($p < 0,05$) entre os meses de Janeiro e Fevereiro/2013, porém ambos os meses com valores estatisticamente maiores ($p < 0,05$) que o número de folhas encontradas em Dezembro/2012. Dados que podem nos indicar que, como as folhas mais jovens encontram-se nesses dois grupos, sua tendência é aumentar conforme o desenvolvimento das plantas até que atinjam seu período de maturação e o número de folhas permaneça constante.

Nas folhas pertencentes ao Grupo C observa-se que não existem diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os três meses de análise, o que pode nos indicar que as folhas mais velhas da planta localizam-se no seu terço inferior e permanecem constantes durante o desenvolvimento do yacon.

Ao compararmos o número de folhas dos diferentes Grupos no mesmo mês de análise, constata-se que em Dezembro/2012 e Janeiro/2013 a quantidade de folhas dos Grupos B e C não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, porém ambos os Grupos apresentaram menos folhas que o Grupo A. Padrão não observado no mês de Fevereiro/2013, quando todos os Grupos diferiram estatisticamente entre si.

5.1.3 Área Foliar

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses e grupos de folhas analisados para a área foliar na TABELA 6.

TABELA 6 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO A ÁREA MÉDIA

	Área Média ($m^2 \times 10^{-5}$)		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Dezembro - 2012	$2,29 \pm 0,40^{bB}$	$2,79 \pm 0,62^{aA}$	$2,62 \pm 0,54^{aA}$
Janeiro - 2013	$2,27 \pm 0,23^{bA}$	$2,33 \pm 0,40^{bA}$	$2,55 \pm 0,50^{aA}$
Fevereiro - 2013	$2,62 \pm 0,21^{aB}$	$2,94 \pm 0,20^{aA}$	$2,62 \pm 0,40^{aB}$

Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para meses diferentes, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo mês, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

FONTE: O autor (2013)

Pode-se observar nas folhas do Grupo A que a área média dessas folhas em Dezembro/2012 e Janeiro/2013 são estatisticamente menores ($p < 0,05$) que as folhas coletadas em Fevereiro/2013, considerando-se que esse Grupo engloba as folhas mais jovens das plantas e com maior exposição aos raios solares esse comportamento pode nos indicar o crescimento das folhas mais jovens conforme o desenvolvimento das plantas. Esse padrão não foi observado nas folhas do Grupo B, com exposição mediana aos raios solares e ainda mais jovens que as folhas do Grupo C, que apresentaram-se significativamente maiores ($p < 0,05$) nos meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013 quando comparados ao mês de Janeiro/2013.

Porém, ao observarmos as folhas do Grupo C não encontra-se diferenças estatísticas significativas da área foliar média ($p < 0,05$) entre os três meses de análise, padrão similar observado anteriormente na comparação do número de folhas desse Grupo, até então com características mais constantes quando comparado aos outros dois Grupos.

Quando compara-se os três grupos foliares dentro do mesmo mês de coleta observa-se que em Dezembro/2012 as folhas pertencentes aos Grupos B e C não apresentam diferença estatística significativa entre si ($p < 0,05$) porém, ambos os grupos apresentam-se estatisticamente com áreas foliares maiores que o Grupo A para esse mesmo mês indicando um tamanho menor para as folhas mais jovens.

Em Janeiro/2013 as áreas foliares médias dos grupos A, B e C não apresentam diferenças estatísticas significativas entre si ($p < 0,05$), apontando uma maior homogeneidade das folhas nesse período.

Já em Fevereiro/2013, os valores médios das áreas foliares dos grupos A e C não apresentam diferenças estatísticas entre si ($p < 0,05$), contudo, ambos os grupos são estatisticamente menores que as folhas pertencentes ao Grupo B. O que pode nos indicar que com o desenvolvimento das plantas as folhas localizadas na parte média dos caules ficam maiores do que as folhas dos extremos superior e inferior.

5.1.4 Parâmetro L^*

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses e grupos de folhas analisados para o parâmetro L^* na TABELA 7. O fator L^* pode ser definido como a capacidade de um objeto refletir ou transmitir luz e indica a luminosidade da amostra, variando de 0 (preto/ausência de cor) a 100 (branco).

TABELA 7 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO L*

	Luminosidade (L*)		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Dezembro - 2012	32,80 ± 0,97 ^{bC}	33,75 ± 1,31 ^{aB}	36,67 ± 1,20 ^{aA}
Janeiro - 2013	33,89 ± 1,36 ^{aA}	31,70 ± 0,59 ^{bB}	33,74 ± 1,20 ^{bA}
Fevereiro - 2013	32,93 ± 0,72 ^{bA}	33,08 ± 0,74 ^{aA}	33,76 ± 1,80 ^{bA}

Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para meses diferentes, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo mês, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

FONTE: O autor (2013)

Ao observar-se as folhas pertencentes ao Grupo A, os valores apresentados nos meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013 não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, porém ambos são estatisticamente menores que os valores apontados no mês de Janeiro/2013 indicando uma maior luminosidade para as folhas mais jovens analisadas nesse mês. Comportamento oposto ao constatado nas folhas do Grupo B, onde os valores dos meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013, que também não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, são estatisticamente maiores que os valores apontados no mês de Janeiro/2013.

Já nas folhas pertencentes ao Grupo C, os valores médios dos meses de Janeiro/2013 e Fevereiro/2013 não apresentam diferenças significativas entre si ($< 0,05$), porém diferem estatisticamente do valor médio apontado no mês de Dezembro/2012, sendo este maior que os seus dois meses consecutivos.

No mês de Dezembro/2012 os valores médios para esse parâmetro variaram significativamente ($p < 0,05$) entre os três grupos analisados, apresentando as folhas do Grupo C (36,67 ± 1,20) um valor médio maior e do Grupo A (32,80 ± 0,97) o menor valor médio, nos indicando que no início do desenvolvimento das plantas as folhas mais velhas e com menor exposição aos raios solares apresentam uma maior tendência à coloração clara quando comparadas às folhas mais jovens e com maior exposição aos raios solares.

Observa-se no mês de Janeiro/2013 uma pequena diferença significativa das folhas dos Grupos A e C quando comparadas às folhas do Grupo B, sendo o valor médio do parâmetro L* do último grupo mencionado significativamente menor ($p < 0,05$) do que os valores médios apontados pelos outros dois grupos.

Essas variações de comportamento do parâmetro não foram observadas nas folhas coletadas em Fevereiro/2013, cujos Grupos A, B e C não apresentaram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre si, apontando para uma possível tendência de homogeneização da luminosidade das folhas conforme o desenvolvimento das plantas.

5.1.5 Parâmetro a^*

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses e grupos de folhas analisados para o parâmetro a^* na TABELA 8. Esse parâmetro indica o índice de saturação vermelho-verde podendo variar de -120 a 120, sendo os valores positivos para a^* a indicação da cor vermelha e os valores negativos a cor verde. Como o esperado, todos os valores referentes à esse índice apresentaram-se de forma negativa, com pequenas variações entre os grupos de folhas.

TABELA 8 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO a^*

	Parâmetro a^*		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Dezembro - 2012	$-7,82 \pm 0,39^{aA}$	$-7,68 \pm 0,56^{aA}$	$-8,28 \pm 0,70^{bB}$
Janeiro - 2013	$-7,59 \pm 0,76^{aA}$	$-7,34 \pm 0,51^{abA}$	$-8,81 \pm 4,72^{bA}$
Fevereiro - 2013	$-7,49 \pm 0,37^{aB}$	$-7,20 \pm 0,56^{bB}$	$-6,48 \pm 0,46^{aA}$

Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para meses diferentes, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo mês, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

FONTE: O autor (2013)

Pode-se observar no Grupo A que os valores para esse parâmetro não demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si no diferentes meses de análise, o que pode nos indicar que a intensidade da cor verde nas folhas com maior proximidade aos raios solares mantem-se constante no decorrer do desenvolvimento da planta.

Nas folhas do Grupo B observa-se que os valores do mês de Janeiro/2013 não apresenta diferenças estatísticas significativas com os meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013 ($p < 0,05$), porém, os valores demonstrados em Dezembro/2012 e Fevereiro/2013, diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Já nas folhas do Grupo C, observa-se que a média dos valores do parâmetro a^* não apresenta diferença significativa ($p < 0,05$) entre os meses de Dezembro/2012 e Janeiro/2013, porém os dois primeiros meses são significativamente menores que a avaliação do parâmetro no mês de Fevereiro/2013.

Ao observarmos esse parâmetro para os mesmos meses nos diferentes Grupos, observa-se em Dezembro/2012 que os seus valores médios não apresentaram diferenças significativas entre os Grupos A e B ($p < 0,05$), porém ambos os grupos diferiram estatisticamente do Grupo C, que apresentou valor médio significativamente menor que os dois primeiros grupos.

Em Janeiro/2013 a média dos valores do parâmetro a^* não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os grupos A, B e C ($p < 0,05$), comportamento também observado com as áreas foliares médias dos três grupos nesse mesmo mês, o que nos aponta indícios ainda mais consistentes para uma maior homogeneidade das características físicas das folhas nesse período.

No último mês de análise observa-se um comportamento inverso ao mês de Dezembro/2012. Em Fevereiro/2013 os valores médios para o parâmetro a^* também não apresentaram diferenças significativas entre os Grupos A e B ($p < 0,05$), porém ambos os grupos diferiram estatisticamente do Grupo C, que dessa vez apresentou valor médio significativamente maior que os dois primeiros grupos.

5.1.6 Parâmetro b^*

Pode-se observar as análises e comparações estatísticas entre os diferentes meses e grupos de folhas analisados para o parâmetro b^* de luminosidade na TABELA 9. Esse parâmetro indica o índice de saturação amarelo-azul podendo variar de -120 a 120, sendo os valores positivos para b^* a indicação da cor amarela

e os valores negativos da cor azul. Como o esperado, todos os valores desse índice apresentaram-se positivamente.

TABELA 9 – COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA ENTRE OS MESES E GRUPOS DE FOLHAS ANALISADOS EM RELAÇÃO AO PARÂMETRO b^*

	Parâmetro b^*		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Dezembro - 2012	16,88 \pm 1,02 ^{bA}	15,54 \pm 1,54 ^{aB}	14,64 \pm 2,21 ^{aB}
Janeiro - 2013	18,39 \pm 1,18 ^{aA}	13,54 \pm 1,11 ^{bB}	18,30 \pm 9,88 ^{aA}
Fevereiro - 2013	14,25 \pm 0,51 ^{cB}	14,64 \pm 2,05 ^{abB}	18,36 \pm 1,59 ^{aA}

Nota: Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para meses diferentes, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$); Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo mês, representam valores médios estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

FONTE: O autor (2013)

Ao analisar-se o parâmetro b^* para as folhas pertencentes ao mesmo grupo em meses diferentes observa-se que no Grupo A os valores apresentados nos meses de Dezembro/2012, Janeiro/2013 e Fevereiro/2013 demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si, indicando que a intensidade da cor amarela nas folhas com maiores proximidades aos raios solares diminui conforme o desenvolvimento da planta.

Nas folhas do Grupo B observa-se que os valores médios desse parâmetro no mês de Fevereiro/2013 não apresenta diferenças estatísticas significativas com os meses de Dezembro/2012 e Janeiro/2013 ($p < 0,05$), porém, os valores demonstrados em Dezembro/2012 e Janeiro/2013 diferem estatisticamente entre si.

Observa-se também que no Grupo C não existe diferença significativa ($p < 0,05$) entre os valores médios de Dezembro/2012, Janeiro/2013 e Fevereiro/2013 para o parâmetro b^* , padrão também observado para o número de folhas e área foliar média desse Grupo para os três meses de análise, o que pode nos apontar uma maior homogeneidade de parâmetros físicos para as folhas mais velhas e com menor exposição aos raios solares quando comparadas as outros dois Grupos de folhas.

No mês de Dezembro/2012 os valores médios para esse parâmetro não apresentaram diferenças significativas entre os Grupos B e C ($p < 0,05$), porém ambos os grupos diferiram estatisticamente do Grupo A, que apresentou valor médio significativamente maior que os dois últimos grupos.

Em Janeiro/2013 as folhas pertencentes aos Grupos A e C não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si ($p < 0,05$), porém o valor médio do parâmetro b^* de ambos os grupos são significativamente maiores que o valor médio do Grupo B.

Observa-se no mês de Fevereiro/2013 que os valores médios para esse parâmetro não apresentaram diferenças significativas entre os Grupos A e B ($p < 0,05$), porém ambos os grupos diferiram estatisticamente do Grupo C, que apresentou valor médio significativamente maior que os dois primeiros grupos.

5.2 ANÁLISES QUÍMICAS

5.2.1 Teor De Fenóis Totais

A avaliação do teor de fenóis totais presentes nas folhas do yacon nos seus diferentes períodos de coleta e posições caulinares pode ser observado nas TABELAS 10, 11 e 12 com seus resultados expressos em equivalência de ácido gálico e apresentados conforme os diferentes procedimentos utilizados para a extração dessas folhas: Soxhlet, Decocção e Infusão.

TABELA 10 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO A

	Grupo A		
	Decocção	Infusão	Soxhlet
Dezembro - 2012	$20,92 \pm 0,86^{bB}$	$10,93 \pm 1,87^{aC}$	$27,13 \pm 0,39^{aA}$
Janeiro - 2013	$23,61 \pm 0,20^{aA}$	$8,54 \pm 1,12^{bC}$	$21,86 \pm 0,72^{bB}$
Fevereiro - 2013	$23,50 \pm 1,11^{aA}$	$13,97 \pm 0,91^{aC}$	$20,15 \pm 0,61^{aB}$

Nota: Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes períodos de análise para o mesmo tipo de extração, ao passo que letras maiúsculas representam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes métodos de extração para o mesmo período avaliado.

FONTE: O autor (2013)

Nas folhas pertencentes ao Grupo A observou-se no procedimento de extração por decocção que não houveram diferenças estatísticas significativas

($p < 0,05$) entre o teor de fenóis totais nos meses de Janeiro e Fevereiro/2013, porém ambos os meses apresentaram valores significativamente maiores de teor de compostos fenólicos quando comparados ao mês de Dezembro/2012, quando a precipitação acumulada de água das chuvas foi consideravelmente maior (248,6 mm), podendo esse fator climático ter influenciado na concentração total de fenóis da planta.

Quando compara-se o teor de fenóis totais através dos procedimentos de infusão e Soxhlet observa-se um comportamento similar nos meses de análises, sendo os valores apresentados em Dezembro/2012 e Fevereiro/2013 sem diferenças significativas ($p < 0,05$) entre si porém, ambos maiores significativamente que os valores encontrados em Janeiro/2013.

Ao comparar-se o teor de fenóis totais para um mesmo mês entre os diferentes procedimentos de extração, observam-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os três procedimentos em todos os meses de análise. Em Dezembro/2012 o teor de compostos fenólicos obtidos por Infusão foi significativamente menor que o teor obtido por decocção que por sua vez foi significativamente menor que o teor obtido por Soxhlet.

Comportamento diferente do que foi observado em Janeiro/2013 e Fevereiro/2013, quando o teor de compostos fenólicos obtidos por Infusão foi significativamente menor que o teor obtido por Soxhlet que foi significativamente menor que o teor obtido por decocção.

TABELA 11 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO B

	Grupo B		
	Decocção	Infusão	Soxhlet
Dezembro - 2012	22,73 \pm 1,03 ^{abA}	11,95 \pm 2,93 ^{aC}	18,41 \pm 0,72 ^{bB}
Janeiro - 2013	18,45 \pm 0,51 ^{aB}	9,25 \pm 0,99 ^{abC}	24,66 \pm 0,9 ^{aA}
Fevereiro - 2013	16,56 \pm 0,09 ^{bB}	10,67 \pm 0,96 ^{bC}	19,05 \pm 0,53 ^{bA}

Nota: Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes períodos de análise para o mesmo tipo de extração, ao passo que letras maiúsculas representam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes métodos de extração para o mesmo período avaliado.

FONTE: O autor (2013)

Nas folhas pertencentes ao Grupo B observou-se no procedimento de extração por decocção que houveram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre o teor de fenóis totais nos meses de Janeiro e Fevereiro/2013, quando em Janeiro/2013 esse teor foi significativamente maior. Porém ambos os meses não apresentaram diferenças significativamente quando comparados ao mês de Dezembro/2012.

Comparando-se o teor de fenóis totais obtidos pelo procedimento de extração por infusão observa-se que houveram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013, quando em Dezembro/2012 esse teor foi significativamente maior. Porém ambos os meses não apresentaram diferenças significativamente quando comparados ao mês de Janeiro/2013.

Por Soxhlet observou-se similaridade entre o teor de fenóis totais entre os meses de Dezembro/2012 e Fevereiro/2013, porém ambos os meses apresentaram teores significativamente menores ($p < 0,05$) do que os valores apontados em Janeiro/2013.

Assim como nas folhas pertencentes ao Grupo A, ao comparar-se o teor de fenóis totais para um mesmo mês entre os diferentes procedimentos de extração observam-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os três procedimentos em todos os meses de análise para o grupo B. Em Dezembro/2012 o teor de compostos fenólicos obtidos por Infusão foi significativamente menor que o teor obtido por Soxhlet que por sua vez foi significativamente menor que o teor obtido por Decocção.

Comportamento diferente do que foi observado em Janeiro/2013 e Fevereiro/2013, quando o teor de compostos fenólicos obtidos por Infusão foi significativamente menor que o teor obtido por decocção que foi significativamente menor que o teor obtido por Soxhlet.

TABELA 12 - TEOR DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (mg/L) NAS FOLHAS DO YACON PERTENCENTES AO GRUPO C

	Grupo C		
	Decocção	Infusão	Soxhlet
Dezembro - 2012	24,65 ± 1,13 ^{aB}	11,26 ± 0,73 ^{aC}	26,78 ± 0,67 ^{aA}
Janeiro - 2013	19,25 ± 1,50 ^{aA}	11,38 ± 1,84 ^{aB}	24,82 ± 1,07 ^{aA}
Fevereiro - 2013	13,46 ± 0,61 ^{cA}	5,98 ± 0,30 ^{cC}	14,22 ± 0,25 ^{cA}

Nota: Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os diferentes períodos de análise para o mesmo tipo de extração, ao passo que letras maiúsculas representam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os diferentes métodos de extração para o mesmo período avaliado.

FONTE: O autor (2013)

Nas folhas pertencentes ao Grupo C observou-se nos três procedimentos de extração analisados que não houveram diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) do teor de fenóis totais entre os meses de Dezembro/2012 e Janeiro/2013, porém em Fevereiro/2013 esse teor foi significativamente menor para os três procedimentos. Esse comportamento pode nos indicar que nas folhas mais velhas da planta e com menor proximidade aos raios solares a tendência é que com o passar do tempo o teor de compostos fenólicos diminuam.

Quando compara-se o teor de fenóis totais para um mesmo mês entre os diferentes procedimentos de extração observa-se em Dezembro/2012 que o teor de compostos fenólicos obtidos por Infusão foi significativamente menor que o teor obtido por decocção que por sua vez foi significativamente menor que o teor obtido por Soxhlet. Em Janeiro/2013 e Fevereiro/2013 o comportamento do teor de fenóis é similar, não apresentando diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os procedimentos por decocção e Soxhlet, sendo o teor de compostos fenólicos em ambos os casos significativamente maiores que o procedimento por infusão.

Na literatura esse tipo de análise é considerada bastante comum, porém não foram encontrados dados comparativos entre o teor de fenóis totais e as fases de desenvolvimento de plantas em geral.

Em seu trabalho sobre os efeitos do extrato das folhas do yacon no metabolismo de ratos hepáticos Valentová et al. (2004), entre outras análises, determinaram o conteúdo de fenóis totais através da extração da folha por duas frações orgânicas: Soxhlet e percolação a frio, além dos procedimentos por infusão e decocção. Tais procedimentos também foram realizados por Valentová et al. (2005) em seu trabalho sobre as atividades anti-lipoperoxidativas dos extratos das

folhas do yacon, sendo os resultados de ambos os trabalhos expressos em equivalência de ácido gálico apresentando-se com os mesmos valores conforme a TABELA 13.

TABELA 13 – VALORES APONTADOS NA LITERATURA PARA O TEOR DE FENÓIS TOTAIS EM DIFERENTES EXTRATOS DE FOLHAS DO YACON

Valentová et al. (2004) e Valentová et al. (2005)	Soxhlet:	24,6 +- 0,6%
	Percolação a frio:	22,1+- 3,4%
	Decocção:	10,7+- 0,4%
	Infusão:	11,8+-11,4%

FONTE: O autor (2013)

5.2.2 Presença de Lactonas

Na FIGURA 18 observa-se o resultado da análise realizada no espectrofotômetro por infravermelho da enidrina isolada e purificada, procedimento descrito por Schorr e Da Costa (2005) com pequenas modificações realizadas por Genta et al. (2010), onde são identificados quatro picos com transmitância aproximada a 1750 cm^{-1} .

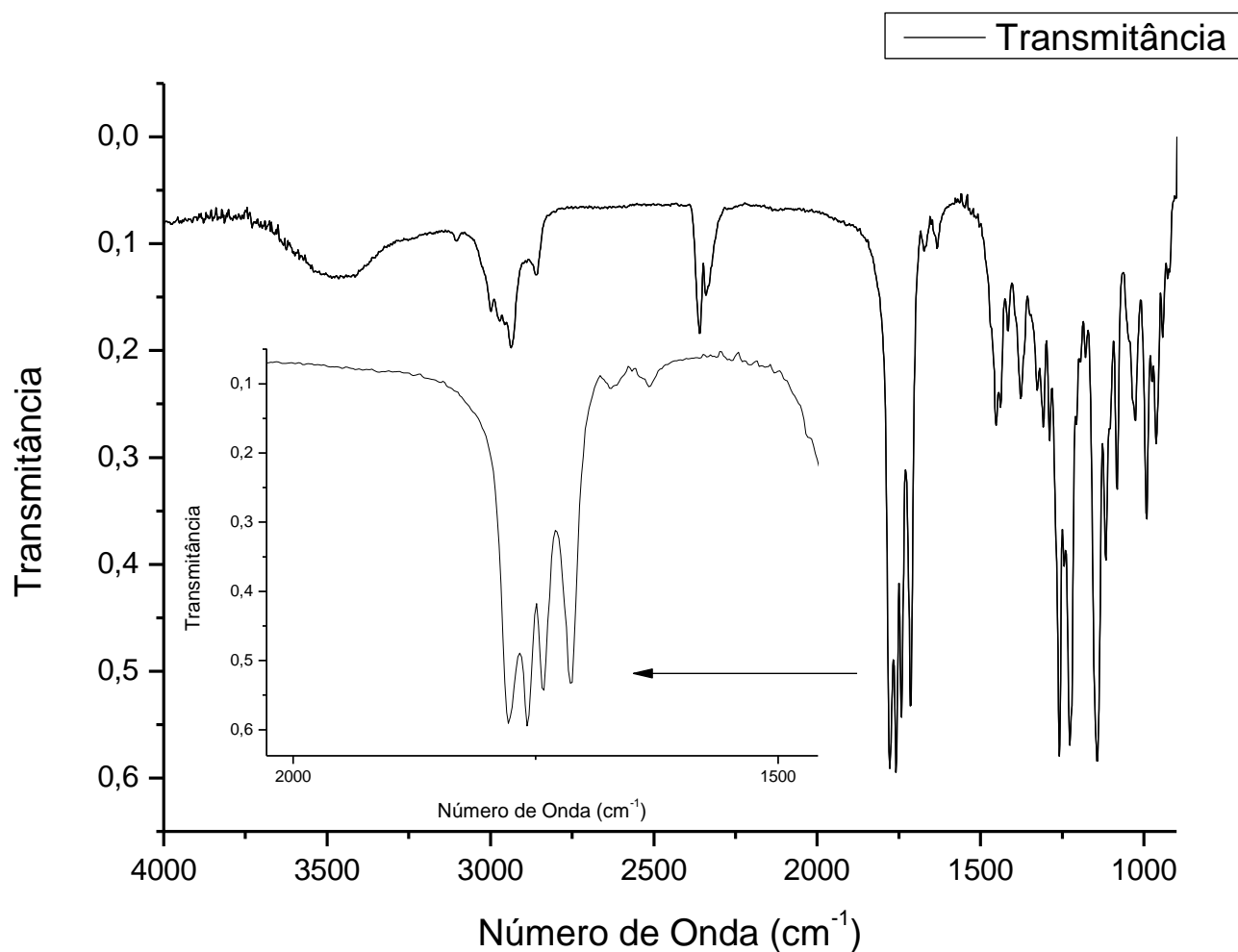


FIGURA 18 – ESPECTRO DA AMOSTRA DE ENIDRINA ISOLADA E PURIFICADA
 FONTE: O autor (2013)

Inoue et al. (1995) em seu trabalho sobre os melampolidos antifúngicos provenientes de extratos de folhas de yacon sugeriram a presença de um composto α -metileno- γ -lactona por espectrofotometria com absorbância a 1771 cm^{-1} , indicando nessa região a presença de uma lactona sesquiterpênica melampolida. Composto também identificado por Lin et al. (2003) em seu trabalho sobre a purificação e identificação de lactonas sesquiterpênicas antimicrobianas provenientes das folhas de yacon, onde apontaram a possível presença de α -metileno- γ -lactona com absorbância a 1770 cm^{-1} .

Su Hong et al. (2008) apontaram através de espectrofotometria a presença de uma γ -lactona a 1766 cm^{-1} , de um ester insaturado a 1720 cm^{-1} e de um aldeído insaturado a 1687 cm^{-1} em seu trabalho sobre melampolidos provenientes de folhas de yacon e sua atividade inibitória para a produção de óxido nítrico.

Por fim, Genta et al. (2010) indicaram a presença de lactonas sesquiterpênicas no extrato de enidrina das folhas de yacon obtidos através de acetato de etila com absorvância a 1772cm^{-1} para γ -lactona carbonil, 1739cm^{-1} para um ester carbonil saturado e 1711cm^{-1} para um α,β -ester carbonil insaturado (TABELA 14).

TABELA 14 – ANÁLISE COMPARATIVA DA IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS SIMILARES POR ESPECTROFOTOMETRIA POR DIFERENTES AUTORES

Autores	Composto	Absorvância (cm^{-1})
Inoue et al. (1995)	α -metileno- γ -lactona	1771
Lin et al. (2003)	α -metileno- γ -lactona	1770
Su Hong et al. (2008)	γ -lactona	1766
	Ester insaturado	1720
	Aldeído insaturado	1687
Genta et al. (2010)	γ -lactona carbonil	1772
	Ester carbonil saturado	1739
	α,β -Ester carbonil insaturado	1711

FONTE: O autor (2013)

Através das FIGURAS 19 e 20 observam-se as análises comparativas realizadas com os extratos de enidrina obtidos com acetato de etila nos diferentes períodos de maturação das plantas (Dezembro/2012, Janeiro/2013 e Fevereiro/2013) e as diferentes disposições das folhas no caule (superior, média e inferior).

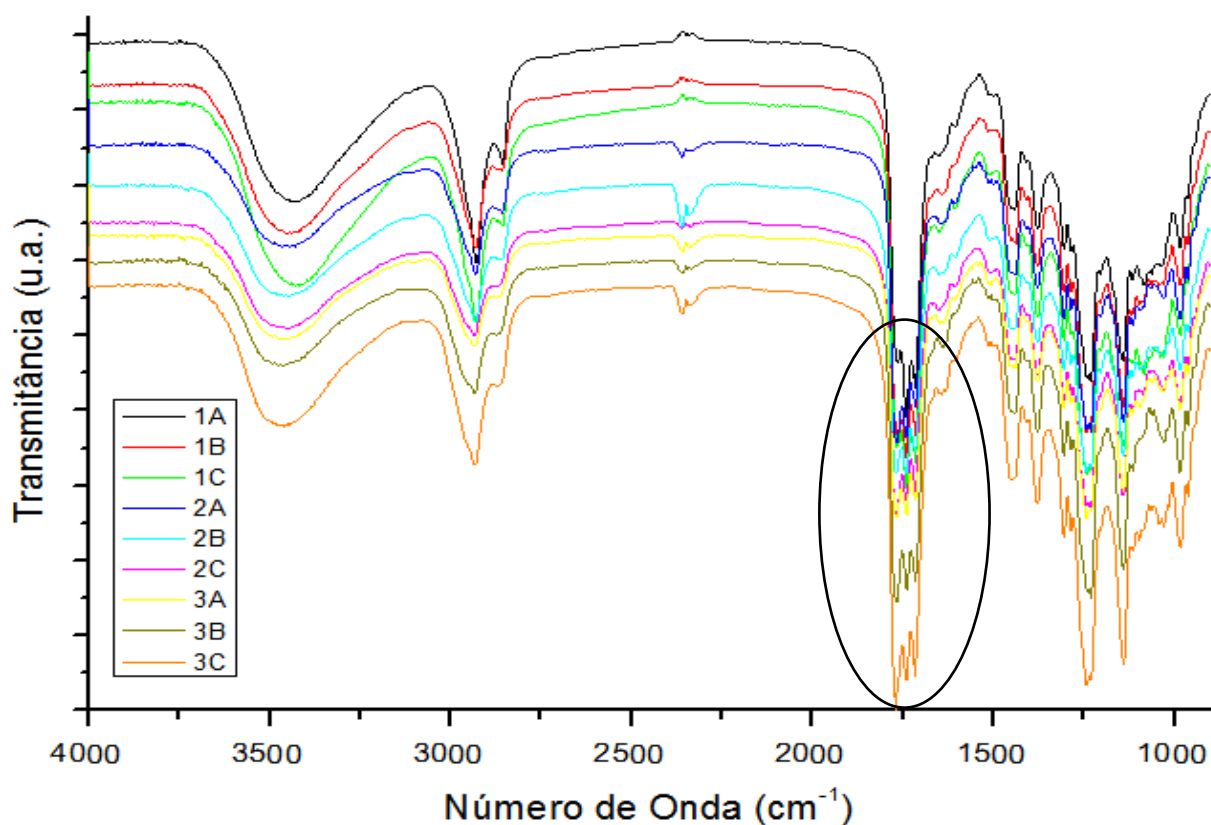


FIGURA 19 – ESPECTRO DAS NOVE AMOSTRAS DOS EXTRATOS DE ENIDRINA OBTIDOS POR ACETATO DE ETILA

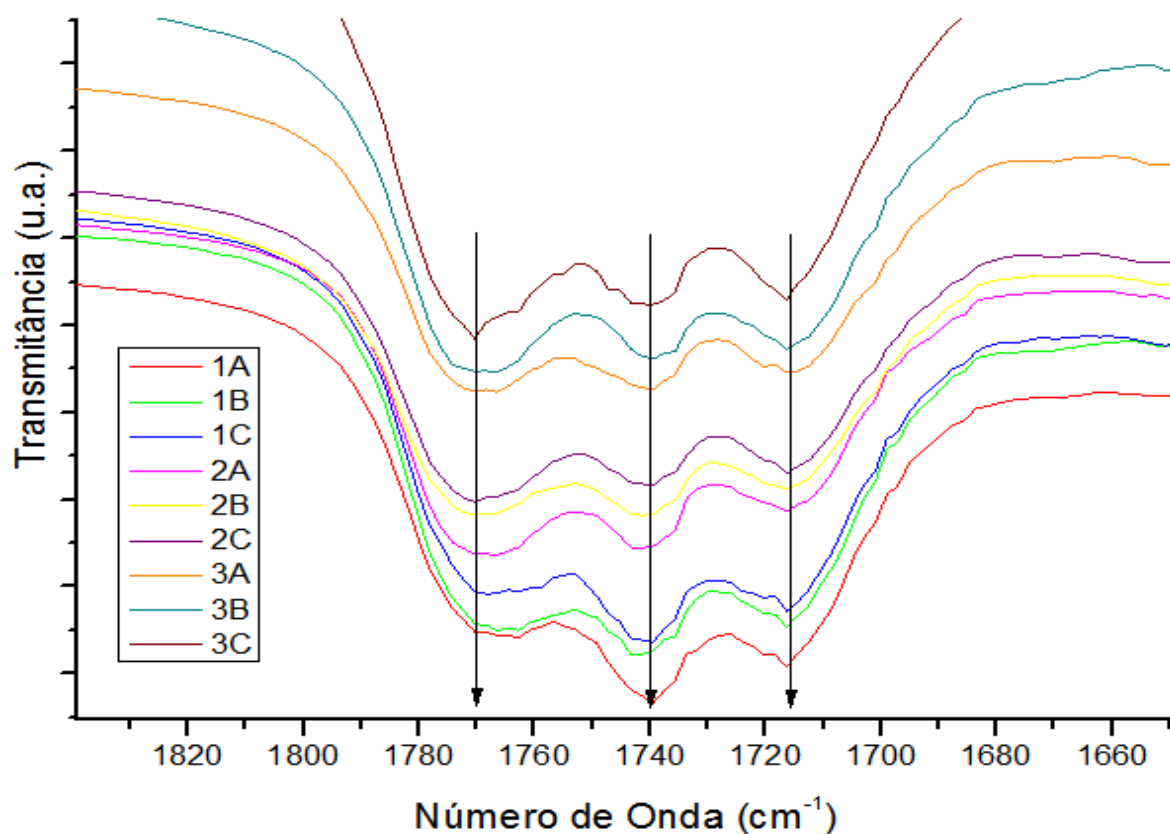


FIGURA 20 – ESPECTRO APROXIMADO DAS NOVE AMOSTRAS DOS EXTRATOS DE ENIDRINA OBTIDOS POR ACETATO DE ETILA

FONTE: O autor (2013)

Comparando ambos os gráficos podemos identificar semelhanças entre os picos analisados apontando para a possível presença de lactonas sesquiterpênicas nas folhas do yacon em todos os seus estágios de desenvolvimento e posições caulinares sem diferenças significativas entre as condições abordadas.

Dessa forma, pode-se observar com maiores detalhes na FIGURA 20 a identificação de três compostos presentes nos extratos analisados com transmitância a aproximadamente 1770 cm^{-1} , 1740 cm^{-1} e 1715 cm^{-1} , apresentando a possibilidade de uma α -metileno- γ -lactona, um ester carbonil saturado e um α,β -ester carbonil insaturado conforme dados encontrados na literatura.

5.3 CORRELAÇÕES

Depois de avaliados os dados buscou-se encontrar possíveis correlações entre as variáveis de resposta para os parâmetros físicos (altura das plantas, áreas foliares e os parâmetros L^* , a^* e b^* - Sistema CIELAB) e químicos (teor de fenóis totais) utilizando todos os meses de análise (Dezembro/2012, Janeiro/2013 e Fevereiro/2013) separadas entre seus diferentes grupos de folhas (A,B e C). Podemos observar as correlações através das TABELAS 15, 16 e 17.

TABELA 15 – CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO A

GRUPO A									
Variável	Altura (cm)	No de Folhas	Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	Parâmetro L*	Parâmetro a*	Parâmetro b*	Decocção - Fenóis	Infusão - Fenóis	Soxhlet - Fenóis
Altura (cm)	1 p=xxx								
No de Folhas	0,9081 p=0,010	1 p=xxx							
Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	0,5727 p=0,107	0,3423 p=0,367	1 p=xxx						
Parâmetro L*	0,1629 p=0,675	0,4995 p=0,171	-0,4687 p=0,203	1 p=xxx					
Parâmetro a*	0,6666 p=0,050	0,7629 p=0,017	0,0287 p=0,942	0,4495 p=0,225	1 p=xxx				
Parâmetro b*	0,7661 p=0,016	0,8257 p=0,006	0,1706 p=0,661	0,4417 p=0,234	0,4109 p=0,272	1 p=xxx			
Decocção - Fenóis	0,8208 p=0,007	0,799 p=0,010	0,2048 p=0,597	0,4899 p=0,181	0,6297 p=0,069	0,7819 p=0,130	1 p=xxx		
Infusão - Fenóis	0,3402 p=0,370	0,1329 p=0,733	0,592 p=0,093	-0,318 p=0,404	0,1724 p=0,657	-0,2283 p=0,555	0,0178 p=0,964	1 p=xxx	
Soxhlet - Fenóis	-0,991 p=0,000	-0,8968 p=0,001	-0,5758 p=0,105	-0,1497 p=0,701	-0,6203 p=0,075	-0,8121 p=0,008	-0,8371 p=0,005	-0,2486 p=0,519	1 p=xxx

Nota: Fatores com $p < 0,05$ correlacionam-se entre si e fatores com $p > 0,05$ não são correlacionados.

FONTE: O autor (2013)

Observa-se nas folhas com maior exposição aos raios solares (Grupo A) a existência de correlações lineares positivas:

- Do número de folhas com a altura das plantas, o que indica que quanto maiores as plantas do yacon, maior a quantidade de folhas com maior exposição aos raios solares;

- Do parâmetro a^* com a altura das plantas e o número de folhas, o que indica que quanto maiores as plantas do yacon e maior o seu número de folhas, maior será a intensidade luminosa dessas folhas;

- Do parâmetro b^* com a altura das plantas e o número de folhas, o que indica que quanto maiores as plantas do yacon e maior o seu número de folhas, maior será a intensidade da cor amarela dessas folhas e

- Do teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas e com o número de folhas, o que indica que quanto maiores as plantas e maior o seu número de folhas maior será a concentração do teor de fenóis totais obtidos através da extração por decocção.

Nesse mesmo grupo constata-se a existência de correlações lineares negativas entre:

- O teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com a altura das plantas, o número de folhas e o parâmetro b^* , que indica que quanto maior a altura das plantas, o número de folhas e a intensidade da cor amarela dessas folhas, menor será a concentração do teor de fenóis totais obtidos através da extração por soxhlet e

- O teor de fenóis totais pela extração por soxhlet e o teor de fenóis totais pela extração por decocção, que indica que a concentração do teor de fenóis totais obtidos pelos dois procedimentos é inversamente proporcional para as folhas do grupo em questão.

TABELA 16 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO B

GRUPO B									
Variável	Altura (cm)	No de Folhas	Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	Parâmetro L*	Parâmetro a*	Parâmetro b*	Decocção - Fenóis	Infusão - Fenóis	Soxhlet - Fenóis
Altura (cm)	1 p=xxx								
No de Folhas	0,7936 p=0,011	1 p=xxx							
Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	0,0055 p=0,989	-0,3203 p=0,401	1 p=xxx						
Parâmetro L*	-0,4763 p=0,195	-0,5009 p=0,170	0,7669 p=0,016	1 p=xxx					
Parâmetro a*	0,8804 p=0,002	0,7184 p=0,029	-0,0329 p=0,933	-0,5841 p=0,099	1 p=xxx				
Parâmetro b*	0,237 p=0,539	-0,0036 p=0,993	0,8793 p=0,002	0,7039 p=0,034	0,0335 p=0,932	1 p=xxx			
Decocção - Fenóis	-0,9707 p=0,000	-0,8323 p=0,005	0,0035 p=0,993	0,4212 p=0,259	-0,8121 p=0,008	-0,2673 p=0,487	1 p=xxx		
Infusão - Fenóis	-0,3851 p=0,306	-0,6053 p=0,084	0,4731 p=0,198	0,4414 p=0,234	-0,3412 p=0,369	0,3106 p=0,416	0,2932 p=0,444	1 p=xxx	
Soxhlet - Fenóis	0,2908 p=0,448	0,5507 p=0,124	-0,9423 p=0,000	-0,8905 p=0,001	-0,3163 p=0,407	-0,7907 p=0,011	-0,2917 p=0,446	-0,5654 p=0,113	1 p=xxx

Nota: Fatores com $p < 0,05$ correlacionam-se entre si e fatores com $p > 0,05$ não são correlacionados.

FONTE: O autor (2013)

Para as folhas pertencentes ao Grupo B (exposição mediana aos raios solares), observa-se a existência de correlações lineares positivas entre:

- O número de folhas com a altura das plantas, que nos indica que quanto mais folhas existentes na região central do caule das plantas maior será a altura dessas plantas;

- O parâmetro L^* com a área média das folhas, que nos indica que quanto maior a área média das folhas maior será sua intensidade luminosa;

- O parâmetro a^* com a altura das plantas e o número de folhas, que nos indica que quanto mais altas as plantas e quanto maior a quantidade de folhas maior será a intensidade da cor verde nessas folhas e

- O parâmetro b^* com a área média das folhas e o parâmetro L^* , que nos indica que quanto maior a área média das folhas e maior sua intensidade luminosa, maior será a intensidade da cor amarela nas folhas.

Ainda nesse grupo constata-se a existência de correlações lineares negativas entre:

- O teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas, o número de folhas e o parâmetro a^* , que nos indica que quanto mais altas as plantas, maior o número de folhas e maior a intensidade da cor verde nessas folhas menor será o conteúdo de fenóis totais identificados através do procedimento de extração por decocção e

- O teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com a área média das folhas, o parâmetro L^* e o parâmetro b^* , que nos indica que quanto maior a área média das folhas, sua intensidade luminosa e a intensidade da cor amarela nessas folhas menor será o conteúdo de fenóis totais identificados através do procedimento de extração por soxhlet.

TABELA 17 - CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS DE RESPOSTA UTILIZANDO TODOS OS MESES DE AVALIAÇÃO PARA AS FOLHAS DO GRUPO C

GRUPO C									
Variável	Altura (cm)	No de Folhas	Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	Parâmetro L*	Parâmetro a*	Parâmetro b*	Decocção - Fenóis	Infusão - Fenóis	Soxhlet - Fenóis
Altura (cm)	1 p=xxx								
No de Folhas	0,089 p=0,820	1 p=xxx							
Área Média (m ² x10 ⁻⁵)	-0,1252 p=0,748	-0,27 p=0,482	1 p=xxx						
Parâmetro L*	-0,8792 p=0,002	-0,4371 p=0,239	0,2664 p=0,488	1 p=xxx					
Parâmetro a*	0,4158 p=0,266	-0,332 p=0,383	0,3767 p=0,318	-0,1917 p=0,621	1 p=xxx				
Parâmetro b*	-0,483 p=0,188	0,184 p=0,636	-0,425 p=0,254	0,3507 p=0,355	-0,9595 p=0,000	1 p=xxx			
Decocção - Fenóis	-0,8858 p=0,001	0,0154 p=0,969	-0,0392 p=0,920	0,6795 p=0,044	-0,6258 p=0,071	0,6735 p=0,047	1 p=xxx		
Infusão - Fenóis	-0,6825 p=0,043	0,2519 p=0,513	0,08 p=0,838	0,4578 p=0,215	-0,4583 p=0,215	0,4128 p=0,270	0,6361 p=0,066	1 p=xxx	
Soxhlet - Fenóis	-0,8254 p=0,006	0,224 p=0,562	-0,1189 p=0,761	0,5537 p=0,122	-0,6967 p=0,037	0,6837 p=0,042	0,8756 p=0,002	0,8915 p=0,001	1 p=xxx

Nota: Fatores com $p < 0,05$ correlacionam-se entre si e fatores com $p > 0,05$ não são correlacionados.

FONTE: O autor (2013)

Nas folhas com menor exposição aos raios solares (Grupo C), a existência de correlações lineares positivas foi constatada entre:

- O teor de fenóis totais pela extração por decocção com os parâmetros L^* e b^* , o que nos indica que quanto maior a intensidade luminosa das folhas e a intensidade da cor amarela, maior será o conteúdo de fenóis totais obtidos através do procedimento de extração por decocção e

- O teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com o parâmetro b^* e com os teores de fenóis totais obtidos pelos procedimentos de extração por decocção e infusão, o que nos indica que quanto maior a intensidade da cor amarela nas folhas e maiores os conteúdos de fenóis totais obtidos pelos procedimentos de extração por decocção e infusão, maior será o conteúdo de fenóis totais obtidos através do procedimento de extração por soxhlet.

Nesse grupo foram observadas correlações lineares negativas entre:

- O parâmetro L^* com a altura das plantas, que nos indica que quanto maior a intensidade luminosa das folhas pertencentes à esse Grupo menor será a altura das plantas;

- O parâmetro b^* com o parâmetro a^* , que nos indica que quanto maior a intensidade da cor amarela para as folhas desse grupo menor a intensidade da cor verde;

- O teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas, que nos indica que quanto maiores as plantas menor o conteúdo de fenóis totais identificados pelo procedimento de decocção;

- O teor de fenóis totais pela extração por infusão com a altura das plantas, que nos indica que quanto maiores as plantas menor o conteúdo de fenóis totais identificados pelo procedimento de infusão e

- O teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com a altura das plantas e o parâmetro a^* , que nos indica que quanto maior a altura das plantas e maior a intensidade da cor verde das folhas, menor será o conteúdo de fenóis totais identificados pelo procedimento de soxhlet.

6. CONCLUSÕES

Dentre os três procedimentos de extração realizados para a análise do conteúdo de fenóis totais a extração por soxhlet mostrou-se mais eficiente quando comparada às extrações por infusão e decocção. Porém, para a possível viabilização de estudos futuros para o desenvolvimento de chás para consumo humano apenas as extrações por infusão e decocção são recomendadas, sendo o conteúdo de fenóis totais mais expressivo na extração por decocção.

As maiores concentrações desses compostos obtidas por esse procedimento de extração foram detectadas no Grupo C de Dezembro/2012 ($24,65 \pm 1,13$ mg/L), no Grupo A de Janeiro/2013 ($23,61 \pm 0,20$ mg/L) e no Grupo A de Fevereiro/2013 ($23,50 \pm 1,11$ mg/L), apontando que as folhas mais velhas e com menor exposição aos raios solares das plantas mais jovens e as folhas mais jovens e com maior exposição aos raios solares das plantas mais desenvolvidas apresentam propriedades químicas mais relevantes quando comparadas com as outras condições estudadas.

Também foram identificadas nas folhas do yacon a presença de compostos pertencentes ao grupo das lactonas sesquiterpênicas em todos os estágios de desenvolvimento analisados (Dezembro/2012, Janeiro/2013 e Fevereiro/2013) e todos os grupos selecionados, independente da posição caulinar das folhas e consequente exposição aos raios solares com a detecção de três picos a aproximadamente 1770 cm^{-1} , 1740 cm^{-1} e 1715 cm^{-1} .

Quanto aos parâmetros físicos foram identificadas correlações positivas nas folhas do Grupo A entre o número de folhas com a altura das plantas; O parâmetro a^* com a altura das plantas e o número de folhas; O parâmetro b^* com a altura das plantas e o número de folhas além do teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas e o número de folhas. Nas folhas do Grupo B entre o número de folhas com a altura das plantas; O parâmetro L^* com a área média das folhas; O parâmetro a^* com a altura das plantas e o número de folhas além do parâmetro b^* com a área média das folhas e o parâmetro L^* . E nas folhas do Grupo C entre o teor de fenóis totais pela extração por decocção com os parâmetros L^* e b^* além do teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com o

parâmetro b^* e com os teores de fenóis totais obtidos pelos procedimentos de extração por decocção e infusão.

Também identificou-se correlações negativas nas folhas do Grupo A entre o teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com a altura das plantas, o número de folhas e o parâmetro b^* além do teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com o teor de fenóis totais pela extração por decocção. Nas folhas do Grupo B entre o teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas, o número de folhas e o parâmetro a^* além do teor de fenóis totais pela extração por soxhlet com a área média das folhas, o parâmetro L^* e o parâmetro b^* . Por fim, nas folhas do Grupo C entre o parâmetro L^* com a altura das plantas; O parâmetro b^* com o parâmetro a^* ; O teor de fenóis totais pela extração por decocção com a altura das plantas além do teor de fenóis totais pela extração por infusão com a altura das plantas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, J. R. **Tratado de Fitomedicina – Bases Clínicas y Farmacológicas**. Buenos Aires – Isis Ediciones S. R. L., p. 1040, 1998.

AYBAR, M. A.; SÁNCHEZ RIERA, A.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. Hipoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolium* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. **Journal Ethnopharmacology**, v. 74, p. 124-132, 2001.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p.191-203, 2006.

BARCELLONA, C. S.; CABRERA, W. M.; HONORE, S. M.; MERCADO, M. I.; SÁNCHEZ, S. S.; GENTA, S. B. Safety assessment of aqueous extract from leaf *Smallanthus sonchifolius* and its main active lactone, enhydrin. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 144, p. 362-370, 2012.

BECKMAN, C. H. Phenolics-Storing Cells: Keys to programmed cell death and periderm formation in disease resistance and in general defence responses in plants. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 57, p. 101-110, 2000.

BIOPHOTONICS INTERNATIONAL, Photonic Solutions for Biotechnology and Medicine - Imaging Software. Image Processing with ImageJ. **Laurin Publishing Co. Inc.**, 2004.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 305-309, 2005.

BONOLI, M.; VERARDO, V.; MARCONI, E.; CABONI, M. F.; **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 5195, 2005.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C.; **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 25, p. 28, 1995.

BUTLER, L. G.; ROGLER, J. C. Biochemical mechanisms of the antinutritional effects of tannins. Phenolic compounds in food and their effects on health. **American Chemical Society Symposium**, v. 506, p. 289-304, 1992.

BUTLER, G., RIVERA, D., Innovations in peeling technology for yacon. **Project Report International Potato Center**, 2004. Disponível em: < www.cipotato.org/artc/CIPcrops/20041127.pdf >. Acesso em: 22/06/2012.

CAPITO, S.M.P., **Raiz tuberosa de yacon (*Polyminia sonchifolia*): caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e CLAE-DPA)**. São Paulo - SP, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual de São Paulo.

CHATURVEDI, D. In: Opportunity, Challenge and Scope of Natural Products in Medicinal Chemistry, TIWARI,V.D.; MISHRA, B.B., **Research Signpost**: Kerala, India, p. 313-334, 2011.

CHUDA, Y.; SUZUKI, M.; NAGATA, T.; TSUSHIDA, T. Contents and cooking loss of three quinic derivatives from Garland (*Chrysanthemum coronarium* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 1437-1439, 1998.

CORRÊA Jr. C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. Ed. 2, p. 151, **FUNEP – Jaboticabal**, 1994.
DAUGHTRY, C. Direct measurements of canopy structure. **Remote Sensing Reviews**, v. 5, p. 45-60, 1990.

De JESUS Jr., W. C.; do VALE, F. X. R.; COELHO, R. R.; COSTA, L. C. Comparison of two methods for estimating leaf area index on common bean. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 989-991, 2001.

DUARTE, M. R.; WOLF, S.; de PAULA, B. G., *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (yacón): identificação microscópica de folha e caule para o controle de qualidade farmacognóstico. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 1, p. 157-164, 2008.

EI-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; McGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. M.; YOUNG, A. J., **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 37, p. 430, 2004.

FISCHER, N. H., **Methods in Plant Biochemistry**, v. 7, p. 187-211, 1991. In: GLORIA, A. B. C. **Estudio fitoquímico y actividad biológica de los melampolidos aislados de *Tetragonotheca repanda* y *Tetragonotheca ludoviciana* (Asteraceae)**. 88 f. Tese (Doutorado) - Facultad De Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2004.

GENTA, S. B.; CABRERA, W. M.; MERCADO, M. I.; GRAU, A.; CATALÁN, C. A.; SÁNCHEZ, S. S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: constituents of the most active fractions. **Chemico-Biological Interactions**, v. 185 (2), p. 143-152, 2010.

GLORIA, A. B. C. **Estudio fitoquímico y actividad biológica de los melampolidos aislados de *Tetragonotheca repanda* y *Tetragonotheca ludoviciana* (Asteraceae)**. 88 f. Tese (Doutorado) - Facultad De Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2004.

HARBORNE, J. B. **Introduction to Ecological Biochemistry**. Edição 2, Academic Press, Nova York, 1982.

HARBORNE, J. B.; TURNER, B. L. **Plant Chemosystematics**, Academic Press, Londres, Reino Unido, 1984.

HATAMIPOUR, M.S.; KAZEMI, H. H.; NOORALIVAND, A.; NOZARPOOR, A. Drying Characteristics of Six Varieties of Sweet Potatoes in Different Dryers. **Food and Bioproducts Processing**, v. 85-C3, p. 171-177, 2007.

HERMANN, M.; HELLER, J. (Eds.). Andean roots and tubers: ahupa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. (Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research). Gatersleben /International Plant Genetic resources Institute. Rome, Italy, 1997.

HONG, S. S., LEE, S. A., HAN X. H., LEE, M. H., HWANG, J. S., PARK *et al.*, **Melampolides from the leaves of *Smallanthus sonchifolius* and their inhibitory activity of I α S-induced nitric oxide production**, Chem Pharm Bull, v. 56, p. 199-202, 2008.

HOU, W. C.; LIN, R. D.; CHENG, K. T.; HUNG, Y. T.; CHO, C. H.; CHEN, C. H.; HWANG, S. Y.; LEE, M. H.; **Phytomedicine**, v.10, p. 170, 2003.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., Flavonóis e Flavonas: Fontes Brasileiras de Fatores que Influenciam a Composição em Alimentos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

HUNTER ASSOCIATES LABORATORY , Insight On Color - Hunter L, a, b color scale, **Applications note**, Virginia – EUA, 2008, v.8, n. 9, p. 1-4.

INOUE, A.; TAMOGAMI, S.; KATO, H.; NAKAZATO, Y.; AKIYAMA, M.; KODAMA, O.; AKATSUKA, T.; HASHIDOKO, Y. Antifungal melampolides from leaf extracts of *Smallanthus sonchifolius*, **Phytochemistry**, v. 39, p. 845-848, 1995.

KAWASHIMA, S.; SAKATO, M.; TERADA, S.; KOIDE, Y.; TANAKA, M.; KO, M. Anti-diabetic agentes containing lactones. **Patente nº 2001247461 Japão**. Kokkai Tokkyo Koho, 2001.

LACHMAN, L. et al. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. Et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. **Plant Soil Environment Journal**, v. 50, n. 9, p. 383 – 390, 2004.

LEÓN, K.; MERY, D.; PEDRESCHI, F.; LEÓN, J. Color measurement in L*a*b units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, p. 1084-1092, 2006.

LIN, F.; HASEGAWA, M.; KODAMA, O. Purification and identification of antimicrobial sesquiterpene lactones from yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v. 67 (10), p. 2154-2159, 2003.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. de A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas, **Instituto Plantarum Nova Odessa**, 2002.

MALAGI, G.; CITADIN, I.; SCARIOT, S.; REIS, L., Método não destrutivo para determinação da área foliar da videira, cultivar BRS-Violeta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1250-1254, 2011.

MANRIQUE, I.; HERMANN, M.; BERNET, T.; Yacon, Fact Sheet. **International Potato Center**, Lima – Peru, Dezembro 2004.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Uma década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Jarabe de yacon: principios y procesamiento. **Centro Internacional de La Papa**, p. 40, Lima, 2005.

MARSHALL, J. K. Methods for leaf area measurement of large and small samples. **Photosynthetica**, v. 2, p. 41-47, 1968.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M., CASTELLANI, D. C., DIAS, J. E., **Plantas Medicinais**. Viçosa-MG, Ed. Arte Livros, p. 220, 1994.

MARUTA Y.; KAWABATA, J.; NIKI, R.; Antioxidative caffeoylquinic acid derivatives in the roots of burdock (*Arctium lappa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2592-2595, 1995.

MATEJIC, J.; SARAC, Z.; RANDELOVIC, V., Pharmacological activity of sesquiterpene lactones. **Biotechnology & Biotechnological**, Special edition, p. 95-100, 2010.

MENDONZA, F.; DEJMEK, P.; AGUILERA, J. M., Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 285–295, 2006.

MOSCATTO, J.A. et al. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v.24, n.4, p.634-640, Campinas, 2004.

MOURA, C. P. **Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (*Polymnia sonchifolia*) com pré-tratamento osmótico**. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MUÑOZ, F. **Plantas medicinales y aromaticas: estudio, cultivo e procesado**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 365, 2002.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food, **Journal of Chromatography**, v. 1054, p. 95-11, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crop of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation**, 1989.

NICHOLSON, R. HAMMERSCHMIDT, R.; **Annual Review of Phytopathology**, v. 30, p. 369, 1992.

NORMAN, J. M.; CAMPBELL, G. S. Canopy structure plant physiological ecology: field methods and instrumentation. **Chapman and Hall, London and New York**. P. 301-325, 1989.

OCHOA, M.R.; KESSELER, A. G.; PIRONE, B. N.; MARQUEZ, C. A.; MICHELIA, A., Shrinkage during convective drying of whole rose hip (*Rosa Rubiginosa* L.) fruits. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v. 35, p. 400-406, 2002.

OLIVEIRA, M. N. S.; LOPES, P. S. N.; MERCADANTE, M. O.; OLIVEIRA, G. L.; GUSMÃO, E., Medição da área foliar do pequi utilizando a soma da nervura principal dos folíolos. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 3, n. 3, p. 1-7, 2002.

OLIVEIRA, M. A., NISHIMOTO, E. K., Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n.2, p 215-220, 2004.

OMONI, A. O.; ALUKO, R. E.; **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, P. 344, 2005.

PICMAN, A. K.; Biological Activities of Sesquiterpene Lactones, **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 13, n.3, p. 255-281, 1986. *In*: GLORIA, A. B. C. **Estudio fitoquímico y actividad biológica de los melampolidos aislados de *Tetragonotheca repanda* y *Tetragonotheca ludoviciana* (Asteraceae)**. 88 f. Tese (Doutorado) - Facultad De Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2004.

PRIDHAM, J.B.; **Phenolics in Plants in Health and Disease**, Pergamon Press, Nova York, 1960.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311-319, 2001.

ROBBINS, R. J. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 2866-2887, 2003.

ROBLES, M.; AREGULLIN, M.; WEST, J.; RODRIGUEZ, E., Recent studies on the zoopharmacognosy, pharmacology and neurotoxicology of sesquiterpene lactones. **Planta Medica**, v. 61, p. 199-203, 1995.

ROGERS, D.; MOSS, G. P.; NEIDJE, S., **Journal of the Chemical Society**, Chemical Communications, p. 142-143, 1972. *In*: GLORIA, A. B. C. **Estudio fitoquímico y actividad biológica de los melampolidos aislados de *Tetragonotheca repanda* y *Tetragonotheca ludoviciana* (Asteraceae)**. 88 f. Tese

(Doutorado) - Facultad De Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 2004.

SCHMIDT, T.; BRUN, R.; WILLHUN, G.; KHALID, S.A., Antitrypanosomal activity of helenalin and some structurally related sesquiterpene lactones. **Planta Medica**, v. 68, 750-751, 2002.

SCHMIDT, T. *In*: RAHMAN, A. U., **Studies in Natural Products Chemistry**, Ed. Elsevier Science, Amsterdam, p. 309-392, 2006.

SCHORR, K.; DA COSTA, F. B.; Quantitative determination of enhydrin in leaf rinse extracts and in glandular trichomes of *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae) by reversed-phase high-performance liquid chromatography. **Phytochemical Analysis Journal**, v. 16, p. 161-165, 2005.

SCHORR, K.; MEFORT, I.; DA COSTA, F. B.; A novel dimeric melampolide and further terpenoid from *Smallanthus sonchifolius* (Asteraceae) and the inhibition of the transcription factor NF-kB. **Natural Products Communications**, v. 2, p. 367-374, 2007.

SEMINARIO, J., VALDERRAMA, M., El yacon: fundamentos para el aprovechamiento de um recurso promisorio. **Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el desarrollo y la Cooperación (COSUDE)**, p. 60, Peru, 2003.

SHAHIDI, F.; Nahrung, v. 44, p. 158, 2000.

SHAHIDI, F.; interface friction and energy dissipation in soft solid processing applications. *In*: MORELLO, M. J.; SHAHIDI, F.; C-T. Ho (Eds.) ACS Symposium Series, vol. 807, **American Chemical Society**, Washington, DC, p. 162-175, 2002.

SHAHIDI, F.; NACZK, M.; **Phenolic in Food and Nutraceuticals: Sources, Applications and Health Effects**. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.

SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná), Curitiba-PR, **Dados diários e mensais referentes a Temp. Máx, Mín, Méd, UR Média e Precipitação nas proximidades de São José dos Pinhais**, 2013.

SIMONOVSKA, B.; VOVK, I.; ANDRENESEK, S.; VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVA, J.; Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers. **Journal of Chromatography**, v. 1016, p. 89-98, 2003.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A.; Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

THODAY, D. Experimental researches on vegetable assimilation and respiration. A critical examination of Sach's method for using increase of dry weight as a measure of carbon dioxide assimilation in leaves. **Proceedings of the Royal Society**, v. 82, p. 41-47, 1909.

TRUSELL, H.J.; SABER, E.; VRHEL, M. Color image processing. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 22, p. 14-22, 2005.

VALENTOVÁ, K.; ULRICHOVÁ, J.; *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* – prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. **Biomedical Papers Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc**, v. 147 (2), p. 119-130, Czech Repub., 2003.

VALENTOVÁ, K.; MONCION, A.; de WAZIERS, I.; ULRICHOVÁ, J.; The effect of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts on rat hepatic metabolism. **Cell Biology and Toxicology**, v. 20, p. 109-120, 2004.

VALENTOVA, K., SERSEN, F., ULRICHOVA, J., Radical scavenging and anti-lipoperoxidative activities of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5577 – 5582, 2005.

VALENTOVÁ, K.; LEBEDA, A.; DOLEZALOVÁ, I.; JIROVSKÝ, D.; SIMONOVSKA, B.; VOVK I.; KOSINA, P.; GASMANOVÁ, N.; DZIECHCIARKOVÁ, M.; ULRICHOVÁ, J. The biological and chemical variability of yacon. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 1347 – 1352, 2006.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C. J.; TELSER, J., **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 37, p. 266, 2004.

WILD, S.; ROGLIC, G.; GREEN, A. Global prevalence of diabetes. **Diabetes Care**, v. 27, p. 1047-1053, 2004.

XIANG, Z.; HE, F.; KANG, T. G.; DOU, D. Q., GAI, K.; SHI, Y. Y.; KIM, Y. H.; DONG, F.; Anti-diabetes constituents in leaves of *Smallanthus sonchifolius*. **Natural Products Communications**. V.5, p. 95-98, 2010.

XIE, W.; LI, J.; LI, H.; Study on chemical constituents of *Smallanthus sonchifolius*. **Journal of Chinese Medicinal Materials**. V. 31, p. 1510-1512, 2008.

YAM, K. L.; PAPADAKIS, S. E., A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 137–142, 2004.

ZARDINI, E., Ethnobotanical notes of yacon, *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Economic Botany**, v. 45, n.1, p. 72-85, 1991.